



# **Costos y Cronograma para el Diseño Conceptual de las Esclusas Post-Panamax**

**Febrero 2006**

## Equipo de Estimado de Costos de Esclusas

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| Cheryl George (Líder del Equipo) | IPC |
| Rigoberto Delgado                | IPC |
| Lilibeth de López                | IPC |
| Ramiro Parada                    | IPI |
| Rogelio Pinilla                  | IPC |
| Yasmin Small                     | IPI |



# Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>8</b>  |
| 1.1    PACÍFICO.....   | 9         |
| 1.2    ATLÁNTICO.....  | 12        |
| 1.3    CANAL DE ACCESO DEL PACÍFICO.....   | 14        |
| <b>I. GENERAL.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>1 ANTECEDENTES.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>2. SUPOSICIONES GENERALES .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>3. METODOLOGÍA GENERAL .....</b>  | <b>20</b> |
| <b>4. CÁLCULO DE LOS COSTOS DIRECTOS.....</b>  | <b>21</b> |
| 4.1    MANO DE OBRA DE CONSTRUCCIÓN .....  | 22        |
| 4.1.1 <i>Procedimiento para el Estimado .....</i>  | <i>22</i> |
| 4.2    EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN Y MATERIALES.....  | 25        |
| 4.3    MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN .....  | 25        |
| 4.3.1 <i>Movilización y desmovilización de personal, plantas y equipo.....</i>   | <i>25</i> |
| 4.3.2 <i>Instalación de las plantas y construcción de las instalaciones temporales</i>   | <i>27</i> |
| 4.3.3. <i>Preparación de sitios de despojo, mitigación ambiental de áreas afectadas</i>  | <i>28</i> |
| <b>5. CÁLCULO DE COSTOS INDIRECTOS .....</b>   | <b>28</b> |
| 5.1    SUPERVISIÓN Y MANO DE OBRA INDIRECTA .....  | 28        |
| 5.2    EQUIPO DE SOPORTE Y SERVICIOS GENERALES .....   | 29        |
| 5.3    MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES TEMPORALES.....  | 30        |
| 5.4    SERVICIOS GENERALES Y SUMINISTROS .....   | 30        |
| 5.5    IMPUESTOS.....  | 30        |
| 5.5.1 <i>Impuestos de ventas en compras locales .....</i>  | <i>30</i> |
| 5.5.2 <i>Impuestos en materiales importados .....</i>  | <i>30</i> |
| 5.5.3 <i>Impuestos en compras de plantas y equipo.....</i>   | <i>31</i> |
| 5.5.4 <i>Impuestos en importación de piezas para reparaciones.....</i>   | <i>32</i> |
| 5.6    SEGUROS DE CUMPLIMIENTO Y GARANTÍAS .....   | 32        |
| 5.7    SEGUROS.....  | 33        |
| EL COSTO DE LOS SEGUROS DEPENDE DEL TIPO DE CONTRATISTA, LA DURACIÓN DEL<br>CONTRATO Y LAS CONDICIONES ESPECÍFICAS DE CADA PROYECTO..... | 33        |
| 5.8    HONORARIOS PARA CONTRATISTAS Y GASTOS DE LA OFICINA PRINCIPAL .....   | 33        |
| 5.9    TASAS DE INTERÉS PARA EL FINANCIAMIENTO DE LAS PLANTAS Y EL EQUIPO DE<br>CONSTRUCCIÓN.....  | 33        |
| 5.10    INFORMACIÓN FINANCIERA ADICIONAL .....   | 33        |
| 5.10.1 <i>Legislaciones en referencia a los controles de cambios de moneda .....</i>   | <i>33</i> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>6. CONTINGENCIAS .....</b>   | <b>33</b> |
| <b>7. COSTOS DEL DUEÑO.....</b>                                       | <b>35</b> |
| <b>8. FUENTES .....</b>   | <b>36</b> |
| <b>II. PACÍFICO.....</b>  | <b>38</b> |
| <b>1. PACÍFICO – ANTECEDENTES E INFORMACIÓN GENERAL.....</b>          | <b>39</b> |
| 1.1 SUPOSICIONES.....   | 39        |
| 1.2 ADQUISICIÓN DE TIERRAS REQUERIDAS .....                           | 39        |
| 1.3 CRONOGRAMA .....  | 39        |
| <b>2. EVALUACIÓN DE CONSTRUCTIBILIDAD.....</b>                        | <b>43</b> |
| <b>3. MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN.....</b>                         | <b>43</b> |
| <b>4. DESVÍO Y MANEJO DE AGUAS .....</b>                              | <b>43</b> |
| 4.1 CANALES DE DESVÍO .....   | 43        |
| 4.1.2 RIO GRANDE .....  | 44        |
| 5. EXCAVACIÓN .....   | 45        |
| 5.1 EXCAVACIÓN DE LAS ESCLUSAS POST-PANAMAX DEL PACÍFICO.....         | 45        |
| 5.2 EQUIPO DE EXCAVACIÓN .....  | 46        |
| <b>6. TRABAJO EN SITIO.....</b>                                       | <b>47</b> |
| <b>7. CONCRETO .....</b>  | <b>47</b> |
| 7.1 ELEMENTOS DE CONCRETO.....  | 48        |
| 7.2 FORMALETAS.....   | 49        |
| 7.3 ACERO DE REFUERZO .....   | 50        |
| 7.4 ALCANTARILLAS DE LOS MUROS DE LAS ESCLUSAS .....                  | 50        |
| 7.5 PILETAS DE AHORRO DE AGUA, MONOLITO DE VÁLVULAS Y CONDUCTOS ..... | 50        |
| 7.6 NICHOS DE COMPUERTAS .....  | 51        |
| 7.7 MUROS DE LA ESCLUSA .....   | 51        |
| 7.8 MUROS DE APROXIMACIÓN .....                                       | 51        |
| 7.9 GALERÍAS DE MÁQUINAS Y CABLES .....                               | 52        |
| 7.10 PISOS DE LA CÁMARA .....   | 52        |
| <b>8. EQUIPO ELECTROMECAÁNICO .....</b>                               | <b>52</b> |
| 8.1 COMPUERTAS DESLIZANTES .....                                      | 52        |
| 8.1.1 Descripción.....  | 52        |
| 8.1.2 Procedimiento de Instalación .....                              | 54        |
| 8.2 VÁLVULAS DE ALCANTARILLAS Y CONDUCTOS .....                       | 56        |
| 8.2.1 Descripción.....  | 56        |
| 8.2.2 Procedimiento de Instalación .....                              | 56        |
| 8.3 EQUIPO ELÉCTRICO: LUCES, DISTRIBUCIÓN Y CONTROL .....             | 57        |
| 8.3.1 Descripción.....  | 57        |
| 8.3.2 Procedimiento de Instalación .....                              | 57        |
| 8.3.3 Equipo de Luces.....  | 58        |
| 8.3.4 Equipo de Distribución Eléctrica .....                          | 58        |

---

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| 8.3.5       | <i>Equipo de Control Eléctrico</i> .....                          | 58        |
| <b>III.</b> | <b>ATLÁNTICO</b> .....  | <b>60</b> |
| <b>1.</b>   | <b>ATLÁNTICO – ANTECEDENTES E INFORMACIÓN GENERAL</b> .....       | <b>61</b> |
| 1.1         | SUPOSICIONES.....   | 61        |
| 1.2         | ADQUISICIÓN DE TIERRAS REQUERIDAS .....                           | 61        |
| 1.3         | CRONOGRAMA .....  | 62        |
| <b>2.</b>   | <b>EVALUACIÓN DE CONSTRUCTIBILIDAD</b> .....                      | <b>65</b> |
| <b>3.</b>   | <b>MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN</b> .....                       | <b>65</b> |
| <b>4.</b>   | <b>DESVÍO Y MANEJO DE AGUAS</b> .....                             | <b>65</b> |
| 4.1         | SISTEMA DE DESAGÜE .....  | 65        |
| <b>5.</b>   | <b>EXCAVACIÓN</b> .....   | <b>65</b> |
| 5.1         | EXCAVACIÓN DE LAS ESCLUSAS POST-PANAMAX DEL ATLÁNTICO .....       | 65        |
| 5.2         | EQUIPO DE EXCAVACIÓN .....  | 66        |
| <b>6.</b>   | <b>TRABAJO EN SITIO</b> .....                                     | <b>67</b> |
| <b>7.</b>   | <b>CONCRETO</b> .....   | <b>67</b> |
| 7.1         | ELEMENTOS DE CONCRETO.....  | 67        |
| 7.2         | FORMALETAS .....  | 68        |
| 7.3         | ACERO DE REFUERZO .....   | 69        |
| 7.4         | ALCANTARILLAS DE LOS MUROS DE LAS ESCLUSAS .....                  | 69        |
| 7.5         | PILETAS DE AHORRO DE AGUA, MONOLITO DE VÁLVULAS Y CONDUCTOS ..... | 70        |
| 7.6         | NICHOS DE COMPUERTAS .....  | 70        |
| 7.7         | MUROS DE LA ESCLUSA .....   | 71        |
| 7.8         | MUROS DE APROXIMACIÓN .....                                       | 71        |
| 7.9         | GALERÍAS DE MÁQUINAS Y CABLES .....                               | 71        |
| 7.10        | PISOS DE LA CÁMARA .....  | 71        |
| <b>8.</b>   | <b>EQUIPO ELECTROMECAÁNICO</b> .....                              | <b>72</b> |
| 8.1         | COMPUERTAS DESLIZANTES .....                                      | 72        |
| 8.1.1       | <i>Descripción</i> .....  | 72        |
| 8.1.2       | <i>Procedimiento de Instalación</i> .....                         | 74        |
| 8.2         | VÁLVULAS DE ALCANTARILLAS Y CONDUCTOS .....                       | 75        |
| 8.2.1       | <i>Descripción</i> .....  | 75        |
| 8.2.2       | <i>Procedimiento de Instalación</i> .....                         | 76        |
| 8.3         | EQUIPO ELÉCTRICO: LUCES, DISTRIBUCIÓN Y CONTROL .....             | 76        |
| 8.3.1       | <i>Descripción</i> .....  | 76        |
| 8.3.2       | <i>Procedimiento de Instalación</i> .....                         | 77        |
| 8.3.3       | <i>Equipo de Luces</i> .....                                      | 77        |
| 8.3.4       | <i>Equipo de Distribución Eléctrica</i> .....                     | 77        |
| 8.3.5       | <i>Equipo de Control Eléctrico</i> .....                          | 77        |
| <b>IV.</b>  | <b>CANAL DE ACCESO PACÍFICO</b> .....                             | <b>79</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. EXCAVACIÓN DEL CANAL DE ACCESO PACÍFICO .....</b>                                     | <b>80</b> |
| 1.1 EQUIPO DE EXCAVACIÓN .....  | 83        |
| 1.2 CONSTRUCCIÓN DE PRESAS DIVISORIAS ENTRE EL CANAL DE ACCESO Y EL LAGO<br>MIRAFLORES..... | 83        |
| 1.2.1 Presa 1E.....   | 84        |
| 1.2.2 Presa 2E.....   | 85        |

## **Resumen Ejecutivo**

# 1. Introducción

El Equipo de Costos de la ACP se estableció con el propósito de estudiar la factibilidad de construcción y determinar los costos, a nivel conceptual, de los diseños propuestos para el tercer juego de esclusas en el Pacífico por el Consorcio Post Panamax (CPP) y en el Atlántico por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE por sus siglas en inglés). Con la asistencia de los consultores Parsons Brinkerhoff y Montgomery Watson Harza (PB/MWH), el Equipo de Costos estableció la estructura de costos, calculó las cantidades y evaluó los métodos y el equipo necesarios para la construcción de las esclusas del Atlántico y del Pacífico y el canal de acceso del Pacífico. Además, estableció el programa de trabajo para completar el proyecto de acuerdo al estimado.

Luego de una evaluación de ambas opciones de diseño, la ACP seleccionó el diseño conceptual de la esclusa propuesto por CPP como la alternativa más viable. CPP procedió a la actualización del diseño de la esclusa del Pacífico incorporando los cambios sugeridos por la ACP, y realizó un diseño similar específico para la esclusa del Atlántico. Como resultado de estos trabajos, CPP presentó diseños para esclusas de tres escalones para el Pacífico y el Atlántico con la opción de dos o tres piletas de ahorro de agua por escalón. Los nuevos diseños fueron presentados a la Junta Directiva de la ACP en julio de 2005. Luego de revisar los requisitos de las nuevas esclusas y su costo, se decidió proseguir con la opción de tres piletas de ahorro de agua por escalón para ambas esclusas.

Los estimados para las esclusas de tres escalones con tres piletas de ahorro de agua por escalón fueron revisados por un equipo independiente de consultores. Este equipo recomendó que se utilizara análisis de riesgos para determinar la contingencia. Los estimados que se presentan en este reporte están basados en el diseño conceptual actualizado para las esclusas del Atlántico y el Pacífico hecho por CPP con la adición de la contingencia determinada por medio del análisis de riesgos. Además, el reporte incluye los estimados para los seis contratos de excavación del Canal de Acceso del Pacífico y sus respectivas contingencias, también determinadas por medio del análisis de riesgos.

Los parámetros utilizados en el diseño conceptual actualizado se incluyen en la tabla E-1, que aparece a continuación.

| <b>Diseño Conceptual Actualizado</b>       |                                  |
|--|----------------------------------|
| Ancho de cámara                            | 55m                              |
| Largo de cámara                            | 427m                             |
| Profundidad mínima de agua sobre el quicio | 18.3m                            |
| Nivel máximo de operación del lago         | 27.1m                            |
| Nivel mínimo de operación del lago         | 24.2m                            |
| Consumo de agua sin piletas                | 480,500 m <sup>3</sup> / lockage |
| Consumo de agua con tres piletas           | 193,500 m <sup>3</sup> / lockage |
| Manga del barco de diseño                  | 45.6m                            |
| Esloza del barco de diseño                 | 335m                             |
| Calado del barco de diseño                 | 15.2m                            |

**Tabla E-1.** Diseño conceptual actualizado –parámetros para diseño de esclusas

Este informe está dividido en cuatro secciones:

1. La sección “General” toma en cuenta todos los elementos comunes necesarios para la construcción de las esclusas y el canal de acceso.
2. La sección “Pacífico” describe las actividades para la esclusa del Pacífico.
3. La sección “Canal de Acceso” describe las actividades del canal de acceso del Pacífico.
4. La sección “Atlántico” describe las actividades para la esclusa del Atlántico.

El propósito de este informe es proveer un estimado detallado y confiable, y un programa de trabajo razonable para la construcción de las esclusas propuestas y el canal de acceso. La duración del programa de trabajo puede variar (aumentar o disminuir) dependiendo de la cantidad de equipo y mano de obra considerados por los contratistas de la obra y los requerimientos de la ACP.

En este estimado se presupone lo siguiente:

- El equipo de excavación es de mediana capacidad y estaría fácilmente disponible en el mercado.
- El contratista se encargará de la fabricación y vaciado del concreto. Aunque no se consideró en el estimado, el contratista también tiene la opción de obtener el concreto de suplidores locales que cumplan con sus requerimientos.
- Todo el equipo que se usará en este proyecto será nuevo y la mayor parte será depreciado durante la vida del proyecto. También existe la posibilidad de que el contratista traiga equipo usado, lo que reduciría los costos de depreciación del equipo.

## **1.1 Pacífico**

Para las instalaciones que necesitaría el contratista como oficinas, talleres, depósitos e infraestructura en el Pacífico, la ACP deberá adquirir 23.2 hectáreas en el área de Cocolí. Según los acuerdos para el uso del área, la ACP tiene derecho al uso de las tierras sin necesidad de pagar al concesionario.

El estimado para la esclusa del Pacífico se basó en el diseño conceptual de CPP de la esclusa de tres niveles con tres piletas de ahorro de agua. Otros elementos identificados como necesarios para la ejecución exitosa del proyecto y que fueron incluidos en el estimado, aunque no son parte del diseño conceptual, son:

- El desvío de los ríos Cocolí (temporal) y Río Grande (permanente)
- La construcción de las presas permanentes que separan el Lago Miraflores del canal de acceso
- Las presas para el desvío de los ríos Cocolí y Río Grande,
- La relocalización de la infraestructura
- El ataguía en el extremo del Pacífico que permitiría la construcción en seco de la esclusa.

El cronograma presupone 2 turnos de 10 horas, seis días por semana en vez de los 3 turnos de 8 horas, seis días por semana que fueron utilizados en el estimado del 2004. Este cambio se hizo siguiendo las recomendaciones de los consultores. El uso de 2 turnos de 10 horas resulta en un aumento de los salarios debido al pago de sobretiempo y a una disminución de la fuerza laboral debida a la reducción de los turnos por día.

Los costos del dueño se consideraron como un porcentaje del costo total. El porcentaje total de 13.5% se desglosa en 3% para administración, 5% para ingeniería y 5.5% para administración del contrato de construcción. Con este método, los costos del dueño aumentan o disminuyen si los costos del proyecto aumentan o disminuyen.

Las contingencias se determinaron por medio de un análisis probabilístico que se realizó utilizando el programa @RISK para obtener valores con una probabilidad de ocurrencia de 80% o menos. Se aplicaron variaciones a la productividad de la mano de obra, a los salarios, a las cantidades y a los costos de los materiales.

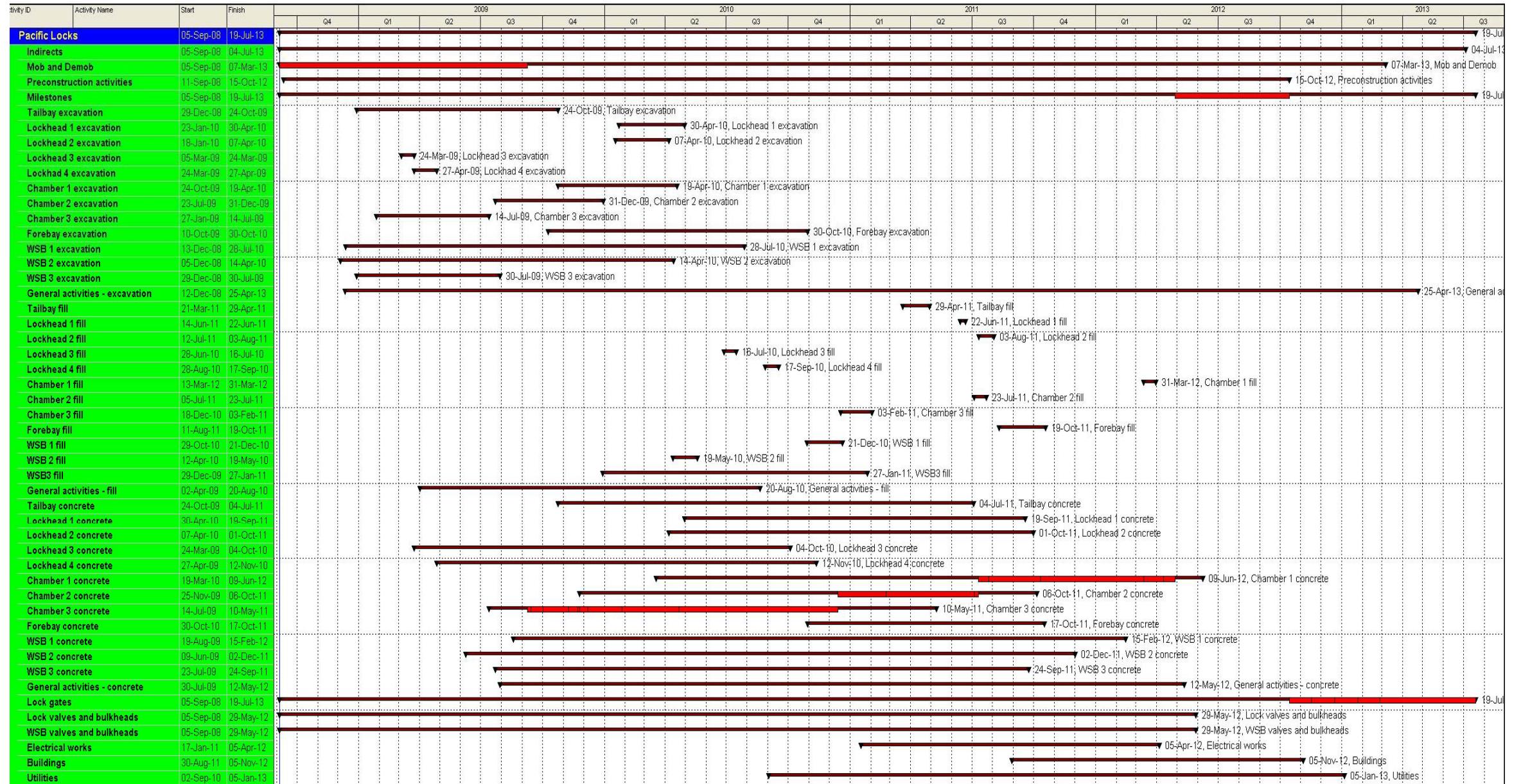
La tabla E-2 presenta un resumen de los costos de la esclusa. La figura E-1 presenta el cronograma de la esclusa del Pacífico con la secuencia de actividades que tienen mayor impacto en el costo y en la ejecución del proyecto.

|             | Costo (en millones) | Contingencia |
|-------------|---------------------|--------------|
| Costo total | 1,580               | 27.7%        |

\* contingencia al 80% nivel de confiabilidad

**Tabla E-2.** Costo de la esclusa del Pacífico

Figura E-1. Cronograma de construcción con atraso de la esclusa del Pacífico



## 1.2 Atlántico

Para las instalaciones que necesitaría el contratista como oficinas, talleres, depósitos e infraestructura en el Atlántico se presupuso que el contratista utilizaría el área del antiguo poblado de Gatún que es parte del patrimonio de la ACP. Por esto, estas tierras estarían disponibles para uso del contratista.

El estimado para la esclusa del Atlántico se basó en el diseño conceptual de CPP de la esclusa de tres niveles con tres piletas de ahorro de agua. El diseño del Atlántico es similar al diseño del Pacífico, pero reflejando los cambios debido a las diferencias geológicas, las mareas y la sismicidad.

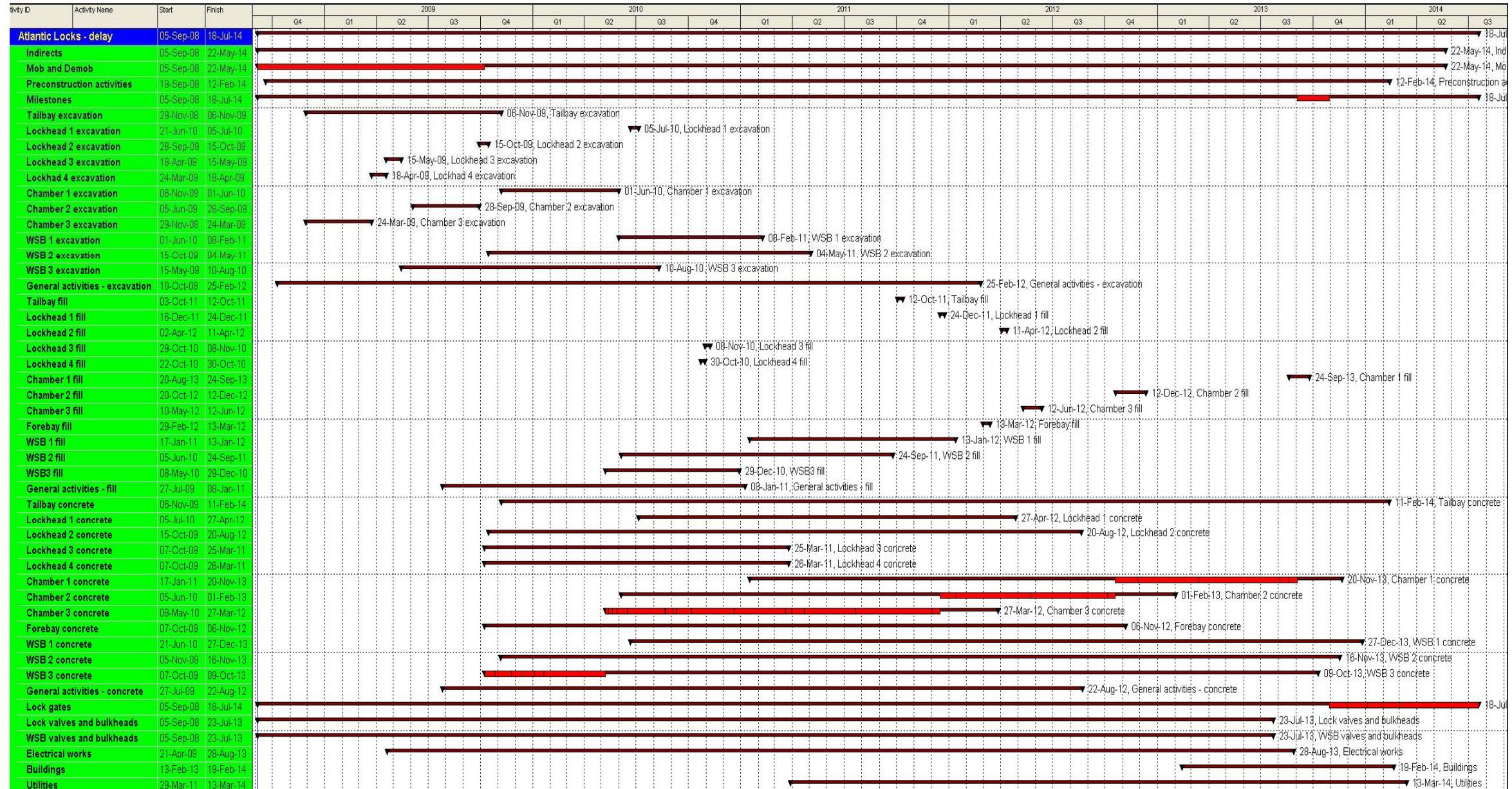
La tabla E-3 presenta un resumen de los costos de la esclusa. La figura E-2 presenta el cronograma de la esclusa del Atlántico con la secuencia de actividades que tienen mayor impacto en el costo y en la ejecución del proyecto.

|             | Costo (en millones) | Contingencia |
|-------------|---------------------|--------------|
| Costo total | 1,770               | 28.1%        |

\* contingencia al 80% nivel de confiabilidad

**Tabla E-3.** Costo de la esclusa del Atlántico

Figura E-2. Cronograma de construcción con atraso de la esclusa del Atlántico



### 1.3 Canal de Acceso del Pacífico

El acceso desde el Lago Gatún a la esclusa Post-Panamá del Pacífico se hará a través de un canal abierto que conectará el Corte Culebra con la nueva esclusa. Este canal se construirá al oeste del canal existente y se extenderá desde Cerro Paraíso al noroeste de la esclusa de Pedro Miguel hasta la nueva esclusa en el área de Cocolí. El volumen total de excavación seca del canal entre los taponés naturales es de aproximadamente 40 millones de metros cúbicos. Parte del material producto de la excavación del canal será utilizado para la construcción de las presas divisorias entre el Canal de Acceso y el Lago Miraflores y como material de agregado de concreto para las esclusas del Atlántico. El material no utilizado será transportado y depositado en el área de UXO al oeste de Cerro Paraíso.

Los parámetros para el canal de acceso también se cambiaron para reflejar los cambios hechos en los diseños conceptuales. La tabla E-4, a continuación, muestra los parámetros del diseño actualizado.

| <b>Diseño Actualizado del Canal de Acceso Pacífico</b> |        |
|--|--------|
| Ancho del canal  | 218 m  |
| Elevación en el fondo del canal                        | 9.14 m |
| Nivel máximo de operación del lago                     | 27.1 m |
| Nivel mínimo de operación del lago                     | 24.2 m |

**Tabla E-4.** Diseño Conceptual – Canal de Acceso Pacífico

Se asumió que el canal de acceso se excavaría en seis contratos con volúmenes de excavación que permitirían la participación de contratistas locales. La secuencia tomó en cuenta las condiciones topográficas e infraestructura existentes para realizar los contratos de tal forma que se evite entorpecer las operaciones del Canal existente y que la interacción entre contratistas se reduzca al mínimo.

La tabla E-5 muestra los contratos propuestos con sus volúmenes de excavación y costos. La figura E-3 muestra el cronograma de construcción para el canal de acceso Pacífico.

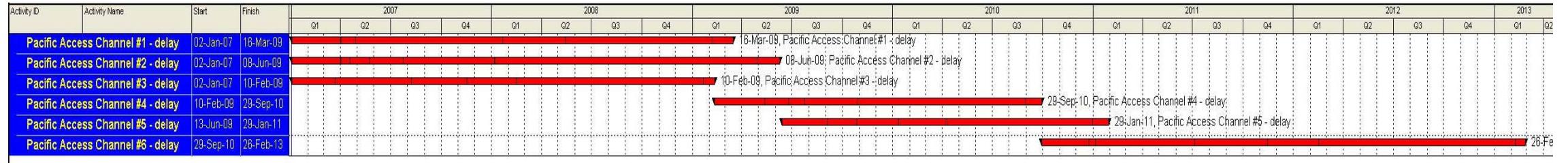
Costos y Cronograma para el Diseño Conceptual de las Esclusas Post-Panamá - Resumen Ejecutivo

| Contrato     |                 |                  |                           | Costo (en millones) | Contingencia      |
|--------------|-----------------|------------------|---------------------------|---------------------|-------------------|
|              | Estación        | Elevación        | Volumen (m <sup>3</sup> ) |                     |                   |
| 1            | 5k+680 - 6k+530 | (a 20m PLD)      | 8,131,256                 | 114                 | 31.9%             |
| 2            | 4k+500 - 5k+680 | (a 20m PLD)      | 8,014,509                 | 115                 | 31.9%             |
| 3            | 2k+740 - 3k+500 | (a 60m PLD)      | 6,545,447                 | 80                  | 31.9%             |
| 4            | 2k+740 - 3k+500 | (60 a 30m PLD)   | 4,733,765                 | 64                  | 31.9%             |
| 5            | 4k+500 - 6k+530 | (20 a 9.14m PLD) | 5,710,577                 | 76                  | 31.9%             |
| 6            | 2k+740 - 4k+500 | (30 a 9.14m PLD) | 7,015,050                 | 76                  | 31.9%             |
| <b>Total</b> |                 |                  | <b>40,151,000</b>         | <b>530*</b>         | <b>40,150,604</b> |

\* contingencia al 80% nivel de confiabilidad (redondeado a 10 millones de dólares)

**Tabla E-5.** Canal de Acceso Pacífico

Figura E-3. Cronograma con atraso del Canal de Acceso Pacífico



# I. GENERAL

# 1 Antecedentes

La Autoridad del Canal de Panamá (ACP) realizó estudios para evaluar la construcción de las instalaciones, el equipo a utilizarse, las fuentes adicionales de suministro de agua y la generación de energía hidroeléctrica relacionados con un nuevo juego de esclusas, un sistema alternativo para elevar y bajar los barcos, efectuar mejoras en el canal y proveer los accesorios necesarios con el propósito de desarrollar un plan maestro a largo plazo a fin de incrementar la capacidad del Canal y permitir el tránsito de barcos de mayor capacidad

Los estudios están diseñados para cubrir la futura demanda de tránsito, para atender las necesidades de los clientes y para continuar ofreciendo un servicio eficiente y competitivo más allá de los próximos 25 años.

Debido al incremento de la cantidad de tránsitos de buques Panamax, la existencia de nuevos buques Panamax-Plus y Post-Panamax que no pueden transitar por el Canal y las limitaciones en el tamaño de las esclusas existentes, la ACP realizó estudios para determinar el tamaño máximo de los buques y el volumen de tráfico que se podría manejar en las nuevas esclusas. Como parte de estos esfuerzos, la División de Proyectos de Capacidad del Canal ha realizado estudios para evaluar los posibles tamaños y ubicaciones de las nuevas esclusas.

A partir de un estudio de Harza Engineering, se consideraron más de 30 opciones de alineamiento: los cuatro mejores alineamientos – dos en el Pacífico y dos en el Atlántico – fueron analizados más en detalle por la ACP. Se seleccionaron los alineamientos P1 para el Pacífico y A2 para el Atlántico. Estos alineamientos serían evaluados para establecer la ubicación final de las esclusas Post-Panamax propuestas de acuerdo a las ventajas de sus características geológicas, topográficas y de navegación.

Para efectuar los estudios del diseño conceptual de las nuevas esclusas, se contemplaron dos contratos, uno para el Atlántico y otro para el Pacífico. Los Términos de Referencia (TDR) para ambos contratos especificaban una esclusa de 61m de ancho, 426.8m de largo entre compuertas y una profundidad mínima sobre quicio de 18.3m. La dimensión del monolito de compuertas fue dada en 30m aproximadamente, con el largo final dependiendo del tipo de compuerta seleccionada. Las dimensiones especificadas para el buque de diseño fueron 54.9m de ancho, 385.7m de largo y 15.2m de calado.

El contrato de diseño para el Pacífico se adjudicó al Consorcio Post-Panamax (CPP), un consorcio europeo formado por las compañías Tractebel Development Corporation, Technum, Coyne et Bellier, CNR Projects, IMDC, SBE, Port of Antwerp y FITA. El contrato original incluía el diseño de dos configuraciones: tres escalones con tres piletas de ahorro de agua por escalón y un escalón con seis piletas de ahorro de agua. El contrato luego se modificó para incluir dos

escalones con dos piletas de ahorro de agua por escalón. El diseño se desarrolló utilizando el alineamiento P1 del estudio de Harza. Este alineamiento fue subsecuentemente modificado para reducir el volumen de excavación y se conoce como el alineamiento PMD (Pacífico Moncayo-Delgado).

El contrato para el lado Atlántico se negoció con el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE - United States Army Corps of Engineers). El contrato se adjudicó para dos configuraciones de diseño: dos escalones con dos piletas de ahorro de agua para cada escalón y tres escalones con dos piletas de ahorro de agua por escalón. La opción de dos escalones se colocó en el alineamiento modificado A2 y la opción de tres escalones se colocó en el alineamiento original A1, porque era demasiado larga para que funcionara en el alineamiento A2.

Luego de las evaluaciones de los diseños conceptuales se adoptó el diseño de CPP con compuertas deslizantes y el sistema de llenado y vaciado lateral. Se adjudicó un contrato a CPP para la actualización del diseño de las esclusas del Pacífico y la realización de un nuevo diseño para el Atlántico, incorporando los cambios en las dimensiones de las esclusas.

## 2. Suposiciones Generales

Se utilizaron algunas suposiciones en el desarrollo de los estimados de costos y cronogramas para los diseños conceptuales de las esclusas Post-Panamax del Atlántico y del Pacífico. Algunas fueron necesarias debido a que el alcance del proyecto no está plenamente definido y otras para tomar en cuenta decisiones del contratista que estarían fuera del alcance de la ACP. Estas suposiciones incluyen:

- El costo estimado y el cronograma están basados en el concepto de un contrato convencional del tipo diseño-licitación-construcción, pero no incluyen el tiempo de diseño excepto en el caso de compuertas y válvulas.
- El cronograma se inicia con la aprobación del proyecto por parte de la Junta Directiva de la ACP y luego a través de un referéndum nacional.
- El proyecto se subdividiría en cuatro áreas principales:
  - Construcción de las esclusas del Pacífico
  - Excavación del canal de acceso en el Pacífico
  - Construcción de las esclusas del Atlántico
  - Diseño y fabricación electromecánica
- El agregado (fino y grueso) y la roca triturada para relleno que se necesiten para los contratos de ambas esclusas provendrán de las excavaciones de la esclusa y del canal de acceso en el Pacífico.
- Se contará con suficiente mano de obra local calificada para cubrir las necesidades laborales del proyecto.

- El personal clave o de confianza del contratista y el personal especializado no disponible localmente, será el único personal foráneo que participará en el proyecto.
- No hay necesidad de construir campamentos para los trabajadores debido a la proximidad de las ciudades de Panamá y Colón a los sitios de construcción.
- El contratista proveerá los servicios de transporte de los empleados al sitio.
- Los costos de mano de obra local están incluidos en los costos directos y los costos de la mano de obra foránea están incluidos en los costos indirectos.
- Las plantas, equipos, y materiales serán importados directamente por el contratista debido a la magnitud del proyecto.
- Los explosivos se importarán a través de un proveedor local debido a las condiciones especiales y a los permisos necesarios exigidos por las autoridades panameñas para la importación de este tipo de materiales.
- Las válvulas y las compuertas se fabricarán fuera del Istmo y se transportarán al sitio de construcción para que sean instaladas por el contratista civil.
- La depreciación de las plantas y el equipo se basó en los precios de fábrica. Esto no incluye los precios del transporte por mar o por tierra, los seguros de carga, intereses, cargos en los muelles o impuestos, ya que estos costos están incluidos en los gastos generales.
- Los costos indirectos y las ganancias se sumaron a los costos directos para obtener el costo total.
- La energía eléctrica y el agua potable que necesite el contratista serán suministradas por la ACP y facturadas de acuerdo al consumo.
- Todos los materiales importados, suministros y equipos serán contabilizados en dólares de los Estados Unidos de América (US\$). No se tomará la devaluación de la moneda como un factor de riesgo.
- Los niveles de precios se tomaron a julio de 2005.

### 3. Metodología General

Los estimados de costos de las esclusas Post-Panamax y el canal de acceso del Pacífico se prepararon de acuerdo a los siguientes pasos:

1. **Definición de actividades.** Las actividades se definieron y se clasificaron como directas e indirectas. Las actividades directas son los elementos de la estructura de costos<sup>1</sup> y las indirectas son actividades de apoyo requeridas para la construcción.

---

<sup>1</sup> Elemento de Estructura de Costos (WBS por sus siglas en inglés): clasificación jerárquica de los productos y servicios producidos durante un proyecto.

2. **Cálculo de los costos directos.** Cada actividad se dividió en nodos de costos. Mano de obra, equipo y materiales se calcularon a este nivel para estimar los costos directos. Luego, los nodos de costos se agruparon a nivel de las actividades para obtener costos unitarios directos.
3. **Cálculo de costos indirectos.** Incluye el cálculo de actividades de apoyo como supervisión, mantenimiento de las facilidades temporales, servicios generales, impuestos, garantías y seguros.
4. **Distribución de los costos indirectos sobre los costos directos.** Una vez que se calcularon los costos indirectos, estos fueron distribuidos sobre los costos civiles directos para obtener los costos unitarios totales.
5. **Imprevistos.** Se calcularon costos adicionales debidos a desperdicio de materiales, sobre-excavación, material adicional para rellenar áreas sobre-excavadas, días libres no programados, corrección de errores y otras circunstancias no previstas para ser incluidos como un porcentaje del costo total.
6. **Costos del dueño.** Los costos del dueño se calcularon aplicando un porcentaje fijo (13.5%) al estimado total. La suma de esa cantidad y el estimado total constituyen el costo total del proyecto sin contingencia.
7. **Contingencia.** Se calculó la contingencia por medio de un análisis probabilístico que se realizó utilizando el programa @RISK para determinar la contingencia a un nivel de confiabilidad del 80%. Esta cantidad se agregó al costo total del proyecto para obtener el costo total con contingencia.

## 4. Cálculo de los Costos Directos

Las actividades de costos directos son:

- Movilización y desmovilización
  - Movilización y desmovilización de personal, plantas y equipo
  - Instalación de plantas y construcción de las instalaciones temporales
  - Preparación de sitios de despojo
  - Limpieza y restauración de áreas afectadas
- Manejo y desvío del agua
- Excavación seca
- Rellenos
- Concreto (concreto reforzado y concreto rolado)
- Preparaciones de sitios misceláneas: carreteras, demoliciones, relocalizaciones, preparación y restauración de áreas de despojo
- Equipo electromecánico: compuertas, válvulas y mamparos.

Cada actividad se calculó basada en los siguientes elementos:

- Mano de obra de construcción (calculada por hora)
  - Salario mínimo de US\$2.90/hora.

- Dependiendo del tipo de actividad, los costos totales de mano de obra incluyen factores adicionales para trabajo en excavaciones, alturas, agua, y con explosivos, además de sobretiempo, prestaciones sociales y factores de la Convención Colectiva negociada con los sindicatos
- Equipo de construcción (calculado por hora)
  - Guía de Referencia de Costos (CRG por sus siglas en inglés) modificada para las condiciones locales
- Materiales
  - Permanentes (cemento, acero de refuerzo, agregados)
  - Consumibles o de construcción (electricidad, diesel, explosivos, formaletas)

## 4.1 Mano de obra de construcción

Los salarios por hora vigentes en la República de Panamá están listados en la Convención Colectiva de Trabajo de la Cámara Panameña de la Construcción (CAPAC) y el Sindicato Único Nacional de Trabajadores de la Industria de la Construcción y Similares (SUNTRACS) del 22 de abril de 2002. Aunque en este documento se establece el salario mínimo de US\$2.22 por hora, los reglamentos de la ACP establecen un salario mínimo de US\$2.90 por hora para los proyectos que se realizan en el área del Canal. Para cumplir con los reglamentos de la ACP y mantener una escala salarial aceptable, el salario por hora de la Convención Colectiva se usó como referencia y se ajustó, incrementándole a cada ocupación US\$0.68 (de US\$2.22 a US\$2.90). El único salario no ajustado de esta manera fue el de los guardias o guachimanes, que se incrementó de US\$1.62 por hora al mínimo de US\$2.90 por hora.

Las tasas unitarias mensuales de mano de obra para personal foráneo propuestas por MWH para el estimado de 2004 no fueron modificadas, pero las tasas mensuales para personal local fueron ajustadas utilizando como referencia salarios locales y salarios por hora publicados por CAPAC.

### 4.1.1 Procedimiento para el Estimado

El cronograma se estableció calculando las horas por turno, el número de turnos por día y el número de días de trabajo por semana. Para este proyecto se asumió una semana de trabajo de seis días y dos turnos de 10 horas por día. Los domingos, los días feriados y un estimado de los días que se pierden por lluvia se descontaron de los 365, para obtener el número de días laborables por año, tal como se muestra en la Tabla 1. El número promedio de días de trabajo por mes se obtuvo dividiendo entre doce el número de días laborables en un año. Finalmente, el número total de horas laborables por mes se calculó en base a la semana de trabajo y las horas laborables por día. En el estimado se asume que las horas efectivas de trabajo están basadas en la aplicación de un factor de disponibilidad al total de las horas pagadas.

| Cálculo de Factor de Beneficios Sociales       |   |               |
|--|---|---------------|
|  |   | Días          |
| <b>Días por año</b>                            |   | <b>365.00</b> |
| Días no trabajados                             |   |               |
| Domingos                                       |   | 52.00         |
| Feriados oficiales                             |   | 11.00         |
| <b>Días no trabajados</b>                      |   | <b>63.00</b>  |
| <b>Días trabajados y pagados</b>               |   | <b>302.00</b> |
| Días pagados y no trabajados                   |   |               |
| Feriados                                       |   | 11.00         |
| Vacaciones                                     |   | 26.08         |
| Enfermedad                                     |   | 15.00         |
| Luto   | 3 días/año x 5%                         | 0.15          |
| Nacimientos                                    | 2 días/año x 7%                         | 0.14          |
| <b>Días pagados y no trabajados</b>            |   | <b>52.37</b>  |
| Días pagados en obra pero no trabajados        |   |               |
| Cleanup  | 30min/día x días trabajados/10hr/día/60 | 15.10         |
| Rain Pay                                       | 20 hr/mes x 9 meses / 10 hr             | 18.00         |
| <b>Días pagados en obra pero no trabajados</b> |   | <b>33.10</b>  |
| <b>Días pagados por año</b>                    |   | <b>387.47</b> |
| <b>Factor</b>                                  |   | <b>1.2830</b> |

Tabla 1. Cálculo de factor de beneficios sociales

Los días pagados pero no trabajados (feriados, vacaciones, enfermedad, luto y nacimientos) fueron calculados y agregados a los días pagados y trabajados para obtener el número total de días pagados por año. Los días trabajados y pagados y los días pagados y no trabajados fueron utilizados para calcular la disponibilidad de la mano de obra.

Tomando en cuenta todo lo anterior y usando las tasas de la Convención Colectiva de Trabajo y de la Caja de Seguro Social, el factor de beneficios sociales se calculo en 66%. La Tabla 2 presenta un ejemplo del cálculo de los beneficios sociales.

| <b>Gastos en Efectivo</b>              |  | <b>US\$/hr</b> |
|--|--|----------------|
| Luto                                   | $(\$150 \times 5/100) / (\text{días trabajados} \times 10 \text{ hr})$                               | 0.0025         |
| Nacimientos                            | $(\$115 \times 5/100) / (\text{días trabajados} \times 10 \text{ hr})$                               | 0.0019         |
| Agua & hielo                           | $(\$1.50/\text{día})/10 \text{ hr}$  | 0.1500         |
| Fondo de cesantía                      |  | 0.0600         |
| Bono de asistencia                     | 12 hrs /año – días de licencia<br>Supuesto = 0.5% bono de asistencia<br>Salario promedio x 12 x 0.5% | 0.2599         |
| Programa de asistencia educativa       | \$120 / mes por cada 501 trabajadores  | 0.2395         |
| Seguro social                          |  | 0.3787         |
| Equipo de Seguridad                    | $\$500 \times 1.00 / \text{días trabajados} / 10 \text{ hr}$   | 0.1656         |
| Seguro de vida                         | $(\$2.50/\text{mes} \times 12 \text{ meses}) / (\text{días trabajados} \times 10 \text{ hr})$        | 0.0099         |
| <b>Total de gastos en efectivo</b>     |  | <b>1.2680</b>  |
| Salario base por hora promedio         |  | 4.3318         |
| Salario base promedio total + efectivo |  | 5.5998         |
| <b>Factor</b>                          |  | <b>1.2927</b>  |
| <b>Salud &amp; bienestar</b>           |  | <b>1.0000</b>  |
| <b>Total de beneficios sociales</b>    |  | <b>1.66</b>    |

Tabla 2. Gastos en efectivo

La Tabla 3 es un ejemplo del cálculo de las tasas de producción. Los valores varían para las diferentes actividades porque algunos factores se ajustaron para tomar en cuenta requisitos especiales. Uno de los elementos que varía es el número de días por lluvia, el cual es mayor de excavación y relleno que en otras actividades. Los ajustes también se hicieron en los factores de disponibilidad: el concreto tiene el valor menor (0.80) y la excavación tiene el más alto (0.95).

| <b>Tasas Básicas de Producción</b>      |                        |
|---|------------------------|
|   | <b>Tiempo efectivo</b> |
| Días por año                            | 365 días/año           |
| Días no laborables (domingos, feriados) | 63 días/año            |
| Atraso por lluvia                       | 18 días/año            |
| Días laborables totales                 | 284 días/año           |
| Promedio de días trabajados             | 23.7 días/mes          |
| Turnos pagados programados              | 2 turnos/día           |
| Horas por turno pagadas programadas     | 10 hr/turno            |
| Horas pagadas programadas               | 473 hrs/mes            |
| Factor de disponibilidad de trabajo     | 0.85                   |
| Horas efectivas disponibles             | 402.3 hrs/mes          |

Tabla 3. Tasas básicas de producción

Las cuadrillas y las tasas de producción se establecieron para varias actividades. Las horas-hombre y las horas del equipo se calcularon de acuerdo a las cantidades estimadas y las tasas de producción.

La tabla 4 muestra la cantidad máxima de trabajadores directos estimada para el proyecto. La fuerza laboral estimada debe tomarse como una referencia y no como un valor absoluto, ya que el número de trabajadores podrá variar dependiendo de la metodología de construcción del contratista y el tiempo asignado para terminar el proyecto.

## **4.2 Equipo de Construcción y Materiales**

Los costos de equipo y materiales se obtuvieron de cotizaciones de proveedores locales, sitios en INTERNET y de libros de referencia (Construction Equipment Ownership and Operating Expense Schedule – US Army Corps of Engineers, Cost Reference Guide for Construction Equipment y Means Heavy Construction Cost Data 2005, entre otros).

## **4.3 Movilización y desmovilización**

Esta actividad se divide en tres elementos principales: movilización y desmovilización de personal, plantas y equipo; instalación de plantas y construcción de facilidades temporales; y preparación de de sitios de despojo y mitigación ambiental de áreas afectadas

### **4.3.1 Movilización y desmovilización de personal, plantas y equipo**

Los costos asociados a la movilización de personal se refieren al personal foráneo e incluye los costos de transporte del personal y sus pertenencias. Este costo toma en cuenta una rotación de personal de 25% durante la duración del proyecto. Los costos de desmovilización incluyen la repatriación del personal foráneo y sus pertenencias y la disposición del equipo. Estos elementos no se incluyeron en el presupuesto del canal de acceso porque se asumió que contratistas locales estarían ejecutando este proyecto.

La movilización de las plantas y el equipo incluye el costo del transporte marítimo, los cargos en los puertos, el transporte en tierra y la mano de obra necesaria para ensamblar o instalar el equipo en el sitio de trabajo.

| Cantidad Máxima de Trabajadores Manuales  |      |
|---|------|
| Carpintero                                | 442  |
| Electricista                              | 48   |
| Albañil                                   | 430  |
| Mecánico                                  | 46   |
| Explosivista                              | 79   |
| Reforzador                                | 305  |
| Aparejador                                | 89   |
| Soldador                                  | 214  |
| Capataz General                           | 72   |
| Capataz de Carpintero                     | 33   |
| Capataz de Concreto                       | 23   |
| Capataz de Perforación y Voladuras        | 22   |
| Capataz de Excavación                     | 71   |
| Capataz de Plantas                        | 10   |
| Capataz de Reforzador                     | 24   |
| Capataz de Hincado de pilotes y Soldadura | 1    |
| Chofer General                            | 142  |
| Ayudante                                  | 692  |
| Principiante                              | 1075 |
| Operador de Compresor                     | 63   |
| Operador de Bombas                        | 23   |
| Engrasador/Aceitero                       | 14   |
| Conductor de Camión                       | 252  |
| Operador de Cargador                      | 27   |
| Operador de Excavadora                    | 68   |
| Operador de Grúa                          | 165  |
| Operador de Tractor de Oruga              | 124  |
| Operador de Perforadora                   | 74   |
| Operador de Montacarga                    | 25   |
| Operador de Niveladora                    | 15   |
| Operador de Rola                          | 57   |
| Operador de Planta                        | 14   |

**Tabla 4.** Mano de obra directa por especialidad

El costo del transporte marítimo de las plantas y el equipo fue calculado en base al peso (en toneladas) listado para el equipo y luego multiplicado por el costo de flete y seguros. En Panamá, el costo promedio de flete y seguros es de US\$70.00 por tonelada. Este promedio se calculó usando información de importación de equipo y material de la Oficina de la Contraloría General de Panamá para el último período de 12 meses disponible (noviembre 2002 - octubre 2003).

El transporte en tierra se basó en las toneladas por kilómetro (total de toneladas del equipo por la distancia de transporte). La distancia total se estimó en 20km y el costo en US\$0.70/ton-km.

El montaje de las plantas y el equipo se calculó en base al peso en toneladas por el costo de hora-hombre por tonelada por el costo por hora (ton x mh/ton x US\$/ mh). Se asumió que el personal de montaje sería 70% local y 30% extranjero.

El cargo de los puertos y de los corredores aduanas se calculo en 1.5% del costo de compra de las plantas y el equipo. El equipo importado a Panamá debe tramitarse a través de un corredor de aduana certificado por el Gobierno de Panamá. El costo del corredor de aduanas es de 1% del valor CIF <sup>2</sup> del equipo, mientras que el 0.5% restante representa los cargos del puerto.

El estimado asume que se construirá un muelle antes del inicio del proyecto. Por esto, no se incluyen cargos de almacenaje de carga. Si no se cuenta con el muelle antes mencionado, los cargos en el Puerto de Balboa son de US\$13.50 por tonelada para el equipo pesado que no tiene ruedas. Si el equipo tiene ruedas los cargos serán de US\$315.00 por vehículo. Si el equipo viene en contenedores, el cargo es de US\$260.00 por movimiento de contenedor, independientemente del tipo de contenedor (TEU, FEU, etc.). Todos los costos están sujetos a un cargo adicional de 25% durante los días feriados. También hay un costo adicional de almacenamiento, si la mercancía permanece más de siete días laborales en la terminal.

Los documentos básicos, necesarios para importar equipo incluyen:

- Declaración de aduanas, preparado por un corredor certificado
- Factura comercial (en español o en inglés)
- Factura de embarque
- Numero de licencia comercial.

Las licencias comerciales las emite el Ministerio de Comercio e Industrias. Las compañías extranjeras que deseen obtener una licencia comercial, deberán establecerse en el país. Esto toma de 15 a 60 días con un costo que varía de mil a dos mil dólares (US\$) incluyendo la solicitud y los gastos de los abogados

#### **4.3.2 Instalación de las plantas y construcción de las instalaciones temporales**

La instalación de las plantas se refiere a la construcción de las fundaciones, la instalación de las plantas y la construcción de los talleres. Los estimados de las esclusas del Atlántico y del Pacífico incluyen la instalación de las plantas de agregados, arena, hielo y concreto; y los talleres de acero de refuerzo, soldadura, carpintería y fabricación de tuberías.

La construcción de instalaciones temporales incluye las vías de acceso al proyecto, los edificios y los servicios públicos.

---

<sup>2</sup> CIF: Cost, Insurance, and Freight. Costo, seguro y flete.

Los accesos temporales incluyen el movimiento de tierra, la construcción, relocalización o rehabilitación de las vías de acceso al sitio, las oficinas y el área de talleres. El movimiento de tierra consiste en limpieza y desbroce, nivelación y excavación. La construcción comprende las carreteras, estacionamientos, cercas y garitas de acceso. En ambos estimados (Atlántico y Pacífico) se consideró la construcción de un muelle para carga y descarga de materiales de construcción.

Entre los edificios temporales incluidos en el estimado están la oficina principal, las oficinas de campo, galeras, talleres, estaciones de primeros auxilios, comedores, estaciones de trasbordo de empleados, laboratorios de suelos y de concreto. Los costos de cada edificio se estimaron basados en el área multiplicada por el costo por metro cuadrado. No se consideró un campamento para los trabajadores, pero se consideró que a los trabajadores se les proveería servicio de transporte.

Los servicios públicos incluyen la iluminación del sitio y de los edificios, sistemas de teléfonos, plantas de tratamiento de aguas servidas, la conexión al sistema de electricidad y agua existente.

#### **4.3.3. Preparación de sitios de despojo, mitigación ambiental de áreas afectadas**

Se incluyeron costos por metro cuadrado para la limpieza y el desbroce de los sitios de despojo. También se incluyó una cantidad para cubrir la mitigación ambiental de áreas afectadas.

## **5. Cálculo de Costos Indirectos**

Los costos indirectos se calcularon como se indica a continuación:

### **5.1 Supervisión y mano de obra indirecta**

El estimado de costos asume que todo el personal de supervisión está incluida en los gastos indirectos. El resto de la mano de obra indirecta incluye al personal de oficina (oficinistas, secretarías, chóferes), personal de apoyo (enfermeras, médicos, contadores) y cualquier personal que no se pueda cargar directamente a una actividad de la obra.

La cantidad de personal administrativo y de supervisión foráneo, al igual que sus salarios, fue establecida en base a la experiencia de MWH en proyectos previos de una escala similar. Sin embargo, el número de empleados y sus salarios se ajustaron a las condiciones locales, principalmente para el personal de oficina y los chóferes. El tiempo en meses para todos los empleados foráneos se evaluó en función a sus responsabilidades particulares.

La Tabla 5 presenta un resumen del personal incluido en los costos indirectos.

| Actividad                                 | Total |
|---|-------|
| Administración                            | 146   |
| Compras y Almacenamiento                  | 61    |
| Contabilidad y Finanzas                   | 38    |
| Diseño y Mantenimiento de Dibujos         | 22    |
| Ingeniería y Agrimensura                  | 67    |
| Mantenimiento de Instalaciones Temporales | 179   |
| Protección de Instalaciones               | 101   |
| Soporte Administrativo                    | 181   |
| Soporte Logístico                         | 54    |
| Supervisión de Construcción               | 55    |

**Tabla 5.** Mano de obra indirecta

La contratación de trabajadores esta regulada por el Código de Trabajo de la República de Panamá, el cual establece en su artículo 17 que los empleadores estarán obligados a mantener una proporción de no menos de 90% de trabajadores panameños versus 10% de trabajadores foráneos para mano de obra no especializada. En el caso de empleados técnicos o en ramas especializadas, la cantidad de empleados foráneos no será mayor del 15% del total de empleados, pero se podrá aceptar una proporción mayor por un período de tiempo especificado y que debe ser aprobado por el Ministerio de Trabajo de la República de Panamá. Esta opción será emitida para un período de un año con la opción de extensión hasta no más de 5 años.

| Detalle | Cantidad | Porcentaje |
|---------|----------|------------|
| Local   | 5,094    | 99%        |
| Foráneo | 55       | 1%         |
| Total   | 5,149    | 100%       |

**Tabla 6.** Proporción de empleados locales vs empleados foráneos

La Tabla 6 muestra la proporción de empleados foráneos versus empleados locales, de acuerdo al código laboral panameño.

## 5.2 Equipo de soporte y servicios generales

El estimado incluye equipo asignado al personal de supervisión y al mantenimiento de las instalaciones temporales. El personal administrativo está provisto de automóviles y vehículos todo terreno para su transporte. Los supervisores de construcción, ingenieros y mensajeros tienen asignado vehículos tipo pick-up y todo terreno. Al personal de almacenamiento y depósito se le asignaron grúas y montacargas. Otro equipo de apoyo como camiones recolectores de basura, ambulancias, buses (de 20 y 50 pasajeros), camiones,

un tractor D8, una retroexcavadora 980F y un camión de agua para mantenimiento de las vías también fue incluido.

### **5.3 Mantenimiento de Instalaciones Temporales**

Este elemento se refiere al costo de mantenimiento de los edificios, talleres e infraestructuras durante la vida del proyecto.

### **5.4 Servicios Generales y Suministros**

El estimado incluye el costo de los servicios y suministros como permisos, teléfonos, correos, transporte de los ejecutivos (sólo en el estimado de las esclusas), consultores técnicos y legales, gastos de relaciones públicas, alquiler de oficinas en áreas locales, auditores externos y seguridad industrial. También se estableció un costo mensual de suministros y servicios cuyo costo total fue determinado de acuerdo al número de meses que el servicio sería requerido.

### **5.5 Impuestos**

Este estimado considera cuatro tipos de impuestos:

- Impuesto de ventas en compras locales
- Impuestos en materiales importados
- Impuestos en compra de plantas y equipo
- Impuestos en importación de piezas para reparaciones.

Los impuestos de importación en Panamá se calculan de acuerdo al valor de la mercancía (ad valorem). Este sistema usa el costo CIF declarado para el cálculo de la tarifa.

Todos los impuestos anteriores pueden eliminarse si el equipo o los materiales se consignan a la ACP.

#### **5.5.1 Impuestos de ventas en compras locales**

El impuesto en las compras locales, conocido como *ITBMS (Impuesto de Transferencia de Bien Mueble y Servicios)*, equivale al 5% del costo de los materiales o servicios. Este impuesto se aplicó al 40% del total de los materiales y servicios.

#### **5.5.2 Impuestos en materiales importados**

Los impuestos para materiales importados se determinaron usando un promedio de los impuestos para los materiales más importantes. La lista completa de materiales se clasificó en cuatro grupos principales: cemento, acero de refuerzo, formaletas de metal y otros. Luego, se calculó un promedio ponderado en base a la proporción en dólares para cada grupo comparado con la cantidad total de

materiales. El resultado promedio fue de 7% y se aplicó al 60% del total de materiales y servicios.

### 5.5.3 Impuestos en compras de plantas y equipo

Como referencia, los pagos de impuestos requeridos para declaración de aduana para las plantas y el equipo se muestran en la siguiente tabla:

| Equipo/Maquinaria                     | Tarifa (Línea) | Tarifa (Ad valorem) |
|---------------------------------------|----------------|---------------------|
| <b>Equipo para Plantas</b>            |                |                     |
| Maquinaria para plantas mezcladoras   | 8474-3100      | 3%                  |
| Maquinaria para planta de trituración | 8474-2000      | 3%                  |
| Maquinaria para planta de cribado     | 8474-1000      | 3%                  |
| Maquinaria para planta de hielo       | 8418-6910      | 3%                  |
| <b>Grúas</b>                          |                |                     |
| Grúas Torre                           | 8426-2000      | 10%                 |
| Grúas sobre ruedas                    | 8705-1000      | 5%                  |
| <b>Equipo de Construcción</b>         |                |                     |
| Excavadoras                           | 8429-5210      | 5%                  |
| Cargadores frontales                  | 8429-5100      | 3%                  |
| Tractores                             | 8429-1100      | 3%                  |
| Rolas de Compactación                 | 8429-4000      | 10%                 |
| Camiones                              | 8704-1000      | 10%                 |

**Tabla 7.** Tarifas para equipo de esclusas post-Panamax

**Nota:** En 1995, Panamá estableció el Sistema Armonizado (HS<sup>3</sup>) como su sistema internacional de clasificación de intercambio comercial.

- **Permisos de importación para el equipo de construcción.** Dependiendo del tipo de equipo, se podrían requerir permisos que son concedidos por las autoridades correspondientes. Los permisos requeridos para algunos de los equipos de construcción se describen en la Tabla 8 a continuación.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> HS: Harmonized System

| Equipo   | Autoridad   |
|--|---|
| Vehículos de motor que usan combustible como fuente de energía | Ministerio de Salud – Departamento de Residuos Peligrosos                                   |
| Equipo de aire acondicionado (incluyendo máquinas de hielo)    | Ministerio de Salud – Departamento de Residuos Peligrosos                                   |
| Equipo de telecomunicaciones (radares, antenas, etc.)          | Ente Regulador de los Servicios Públicos  |
| Vehículos para transportar mercancía o personas                | Autoridad Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre – Departamento de Pesos y Dimensiones |

**Tabla 8.** Equipos que requieren permisos especiales

#### 5.5.4 Impuestos en importación de piezas para reparaciones

Los estimados consideran que el 50% de la operación y mantenimiento de las plantas y el equipo dependen de piezas importadas que están sujetas a impuestos. Estos impuestos se establecieron en 7.5% para las esclusas y el 8% para el canal de acceso Pacífico.

### 5.6 Seguros de Cumplimiento y Garantías

En una licitación de construcción se requiere que el licitante presente una fianza de propuesta. La fianza de propuesta garantiza que el licitante mantenga la oferta presentada por un término que en algunos casos no excede 90 días. Luego de la adjudicación del contrato se requiere que el contratista presente las siguientes fianzas: adelanto (garantiza la debida utilización, inversión o devolución de los anticipos derivados de la celebración del contrato), cumplimiento (garantiza la entrega oportuna de los servicios contratados) y pago (garantiza que el pago oportuno a los acreedores con los cuales se comprometió).

Generalmente no hay cargo sobre la fianza de propuesta si también se requieren para la licitación las fianzas de cumplimiento y pago. La fianza de cumplimiento generalmente se encuentra en el rango de 0.5% al 2% del monto total del contrato. En muchos casos la fianza de cumplimiento incluye la fianza de pago, por lo que no es necesario el cargo adicional por la expedición de esta fianza.

Se utilizaron tasas de 1.5% y 1.75% para calcular las fianzas de cumplimiento y de adelanto, respectivamente. Vale la pena resaltar que el monto de la fianza de adelanto se calcula sobre el monto real adelantado al contratista. Para este estimado se asume que el monto es del 10% para el contrato de las esclusas y 15% para el canal de acceso. Este monto total del estimado incluye los costos directos, indirectos y la contingencia. El bono de cumplimiento sólo cubre el 50% del costo total del contrato, de acuerdo con las regulaciones de la ACP.

Los reglamentos de compras de la ACP establecen las reglas para adquirir y contratar bienes y servicios para el Canal. El capítulo 7 de estos reglamentos se refiere específicamente a los bonos y garantías que se requieren para un contrato.

## **5.7 Seguros**

El costo de los seguros depende del tipo de contratista, la duración del contrato y las condiciones específicas de cada proyecto.

Para este proyecto se estimó una cobertura al 100% basada en conversaciones con los corredores de la oficina de riesgos de la ACP. Los cargos se establecieron en 0.7% del valor total del contrato (incluye costos directos, indirectos y contingencias) y 0.6% para otros seguros como coberturas de riesgo para constructores.

## **5.8 Honorarios para contratistas y gastos de la oficina principal**

El presupuesto incluye los gastos para la preparación de la propuesta antes de la adjudicación del contrato y los gastos de la oficina principal que tengan relación con el proyecto. Usualmente se estima basado en un porcentaje del valor total del contrato, que para este caso es 2%. Este costo sólo se incluyó en el presupuesto de las esclusas, puesto que consideramos que el canal de acceso va a ser realizado por contratistas locales.

Se utilizó un margen de ganancias de 10% para la mano de obra, depreciación de plantas y equipo, materiales y servicios, y costos indirectos.

## **5.9 Tasas de interés para el financiamiento de las plantas y el equipo de construcción.**

Se asumió una tasa de interés de 7% anual. Para el financiamiento mensual se asumió un periodo de 3 meses.

## **5.10 Información Financiera Adicional**

### **5.10.1 Legislaciones en referencia a los controles de cambios de moneda**

En Panamá existe un flujo libre de transferencias de capital. Esta es una de las principales características de Panamá como centro bancario, complementado con el uso del dólar como moneda de uso legal, la ausencia de un banco central y la implementación de las políticas de secreto bancario.<sup>5</sup>

## **6. Contingencias**

El estimado fue revisado por un grupo de expertos con experiencia en el diseño de modelos de riesgo en proyectos de construcción. Estos consultores recomendaron la utilización de un análisis estocástico para el cálculo de las contingencias del proyecto (en vez del cálculo de valor simple anteriormente utilizado) y guiaron al equipo responsable del desarrollo del nuevo modelo de riesgos. Las distribuciones probabilísticas generadas se utilizaron para determinar el costo total y el cronograma de trabajo e incluirían la base costo/duración estimada y el escenario costo/duración probable, en función del riesgo y la ocurrencia de los eventos. El informe “Risk Model and Contingency Estimation” contiene una referencia más detallada de los supuestos, procedimientos y análisis utilizados. Los riesgos críticos fueron modelados en dos áreas principales: el impacto de la demora y el impacto del sobre costo del proyecto de expansión. Algunos de los riesgos afectan directamente la ejecución del proyecto en función del tiempo (demora), otros afectan el sobre costo al proyecto y otros tienen incidencia tanto en la demora como en el sobre costo.

El modelo crea el cronograma de riesgo desarrollando distribuciones probabilísticas para la duración de cada actividad. Posteriormente estas distribuciones son incorporadas al cronograma base utilizando la simulación Monte Carlo (figura G-1). El cronograma estocástico considera la incertidumbre utilizando un rango del tiempo en que tomaría completar cada actividad. Luego estos rangos son combinados para determinar el cronograma del proyecto.

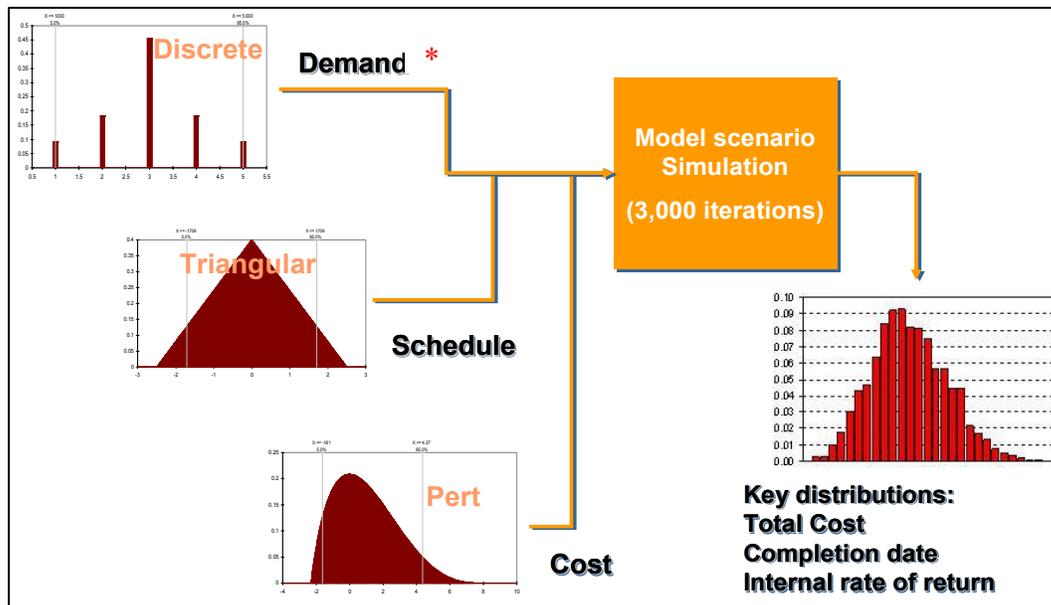


Figura G-1: Simulación del Escenario del Modelo

\* Incluido en el Modelo Financiero

Los efectos de las variables de riesgo individuales son incorporados utilizando la simulación Monte Carlo para obtener una distribución probabilística del costo

total. Estos resultados son analizados para determinar el riesgo real del sobrecosto e identificar los factores que determinan este sobrecosto.

La utilización de estas distribuciones probabilísticas de costos como la base para estimar la contingencia es más realista que el uso de porcentajes simples, debido a que ellos señalan tanto la probabilidad de ocurrencia como las consecuencias o impactos del riesgo potencial. Su uso elimina las mayores causas de subestimación y permite la evaluación de las causas de los costos debido a los riesgos. Esta técnica provee las bases para determinar un nivel aceptable de la contingencia o costo de los riesgos.

Para calcular la distribución de los resultados, se corrieron 3,000 iteraciones. El número óptimo de iteraciones se definió en la convergencia de la media y la desviación estándar del 2.5% de los resultados. Durante cada iteración, el programa asignaba de manera aleatoria a cada variable un nuevo valor basado en su probabilidad individual de distribución.

Las contingencias se determinaron usando el programa @RISK para obtener la distribución probabilística. A continuación se listan los elementos que se variaron en el modelo.

- Las cantidades de materiales permanentes y de construcción se variaron para reflejar los cambios debido a las posibles variaciones en el diseño.
- Las productividades se variaron para reflejar el efecto en el costo por el aumento o disminución en las producciones.
- Los salarios por hora se variaron para reflejar la posibilidad de la falta de disponibilidad de mano de obra local calificada. Los salarios sólo se aumentaron debido a que se está usando el mínimo permitido para calcular el estimado.
- Las variaciones de costos se aplicaron al diesel, cemento y al acero de refuerzo.
- Las variaciones de costo se aplicaron a los costos de fabricación de las compuertas, válvulas y mamparos.
- El costo de transporte de materiales del sector Pacífico al Atlántico se incrementó para reflejar las variaciones del costo que se obtuvieron de PCRC en 2004.
- Los atrasos en la construcción se contabilizaron para introducir eventos tales como paros laborales, mal clima excesivo, daños críticos de equipo, deslizamientos, reclamos, contrato ineficiente y cambios de diseño.

## 7. Costos del Dueño

Los costos del dueño son la porción del estimado que cubre los costos de la ACP pudiera luego que se apruebe el proyecto. Todos estos costos están directamente relacionados con el proyecto y son costos marginales.

Los costos del dueño incluyen:

- **Administración.** Incluye los costos asociados a las relaciones públicas, administración del proyecto, entrenamiento y servicios legales en caso de reclamos. Los costos de administración representan el 3% del costo total.
- **Ingeniería.** Incluye los costos asociados a estudios geotécnicos, hidráulicos, de salinidad, de simulación y el soporte de topografía para el diseño y las especificaciones durante el periodo de construcción. Los costos de ingeniería representan un 5% del costo total.
- **Administración del Contrato.** Incluye los costos asociados a la inspección incluyendo la contratación de personal adicional, laboratorios y contratos de inspección. Los costos de administración del contrato representan un 5.5% del costo total.

## 8. Fuentes

<sup>1</sup> Dirección General de Aduanas, “Manual de Declaración Aduanera”, Dirección General de Aduanas, dirección en la red, <<http://www.aduanas.gob.pa/>>.

Dirección General de Comercio Interior, “Requisitos para Licencias Comerciales”, Ministerio de Comercio e Industrias dirección en la red, <<http://www.mici.gob.pa/sitiosf/html>>.

Guía de Inversión de la República de Panamá, Ministerio de Comercio e Industrias, 2001. Editora Colombiana S.A.

Cámara de Comercio Colombia Panamá, “Guía para exportar a Panamá”, Cámara de Comercio Colombia Panamá dirección en la red, <<http://www.cccolombiapanama.org/docs.hmt>>.

<sup>2</sup> Código de Trabajo de la República de Panamá, cuarta edición, 1998, Editorial Mizrachi y Pujol S.A.

Constitución Política de la República de Panamá, reformada por los actos reformativos de 1978, por el acto constitucional de 1983 y los actos legislativos 1 de 1983 y 2 de 1994

<sup>3</sup>Dirección General de Aduanas, “Manual de Declaración Aduanera”, Dirección General de Aduanas dirección en la red, <<http://www.aduanas.gob.pa/>>.

Free Trade Area of the Americas (FTAA) Database, <[http://www.alca-ftaa.org/NGROUPS/NGMADB\\_s.asp](http://www.alca-ftaa.org/NGROUPS/NGMADB_s.asp)>.

<sup>4</sup> Reglamento de Contrataciones de la Autoridad del Canal de Panamá. Acuerdo No. 24 del 4 de octubre de 1999 modificado a través del acuerdo No.34 del 30 de mayo de 2000 y del Acuerdo No. 48 del 7 de agosto de 2001.

Oficina de Información de Garantías, “La importancia de la fianza de garantía en la construcción”, dirección en la red <<http://www.sio.org>>.

<sup>5</sup> Guía de Inversión de la República de Panamá, Ministerio de Comercio e Industrias, 2001.

## **II. PACÍFICO**

# 1. Pacífico – Antecedentes e Información General

El diseño conceptual para las esclusas post-Panamax presentado por el Consorcio Post Panamax se basó en un buque de diseño de las siguientes dimensiones: 45.6m manga, 335m eslora y 13.0m de calado. Como resultado del cambio en el buque de diseño, el tamaño de la esclusa también se redujo de 61m a 55m. Además, se hicieron cambios en el nivel operativo del lago. El estimado refleja los cambios en las dimensiones de la esclusa y el canal de acceso.

## 1.1 Suposiciones

**Las suposiciones usadas en el desarrollo del estimado de costos y del cronograma para las esclusas post-Panamax del Pacífico son:**

- El material excavado en el Pacífico que no fuere utilizado para producción de agregados de concreto, relleno en las esclusas o construcción de presas de tierra sería depositado en el valle del Río Cocolí aguas abajo de la presa de desvío.
- El Río Cocolí se desviaría temporalmente al mar hasta completar la construcción; luego, se desviaría hacia el canal de acceso.
- El área de Cocolí estaría disponible para uso del contratista para oficinas y área de almacenaje.
- El Río Grande se desviará permanentemente hacia el Corte Gaillard.

## 1.2 Adquisición de Tierras Requeridas

Un proyecto de construcción de esta magnitud requiere que el contratista cuente con instalaciones tales como oficinas, talleres, depósitos y otra infraestructura operativa. Para acomodar estas instalaciones en el Pacífico, la ACP deberá adquirir 23.2 hectáreas en el área de Cocolí.

## 1.3 Cronograma

El tiempo total estimado para la construcción de la esclusa del Pacífico sin demoras producto de la contingencia es 58 meses. La excavación, los trabajos de concreto y los trabajos electromecánicos son las actividades que tienen un mayor impacto en el cronograma de construcción. La movilización para los trabajos de excavación y concreto inician tan pronto se adjudica el contrato.

El estimado asume que los trabajos en sitio pueden comenzar tres meses después de la adjudicación del contrato. Si el contratista principal subcontrata estos trabajos a compañías locales, o si la ACP contrata los trabajos por separado removiéndolos del contrato de la obra civil principal, algunos trabajos

pudiesen empezar durante la fase de movilización o antes de que se adjudicara el contrato principal. Las actividades que pudiesen ser incluidas en estas primeras etapas son: reparación y relocalización de calles, construcción de ataguía en el Lago Miraflores y en el Río Cocolí, desvío del Río Cocolí, construcción de ataguía en el extremo sur, secado de la excavación de 1939 y del extremo sur de la esclusa, preparación de áreas para plantas de trituración de agregados y mezclado de concreto, y limpieza de áreas para plataformas de equipo pesado y talleres.

Se supuso que la excavación de la esclusa empezaría simultáneamente en cuatro frentes distintos. El tiempo estimado para completar la excavación de la esclusa de Pacífico es de aproximadamente 20 meses.

Las plantas (agregados, concreto, hielo, enfriamiento, etc.) estarían preparadas para iniciar operaciones 12 meses después de que se adjudicara el contrato. Los trabajos de concreto comenzarían en la cámara 3 y el muro de aproximación sur y avanzarían hacia la cámara 1 y el muro de aproximación norte.

Para poder programar apropiadamente el uso del equipo, los trabajos de concreto se han dividido en las siguientes actividades: nichos de compuertas, muros de esclusa, galerías, monolitos de válvulas, conductos de piletas de ahorro de agua, piletas de ahorro de agua y pisos.

El equipo utilizado para cada una de estas actividades en la cámara inferior es utilizado sucesivamente en las cámaras media y superior. El tiempo estimado para los trabajos de concreto es 36 meses.

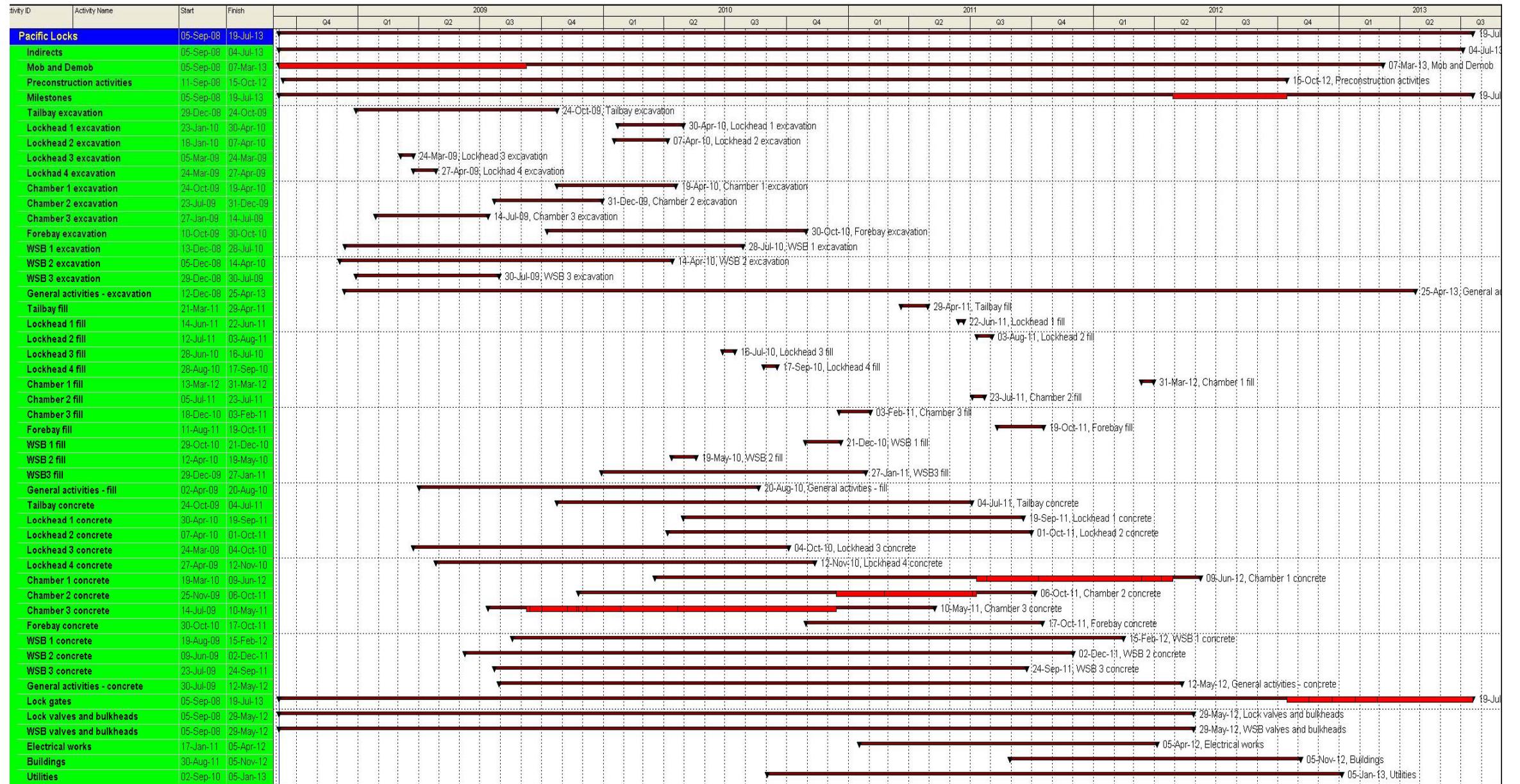
En el estimado de costos y el cronograma se asume que las compuertas, las válvulas y los mamparos serían diseñadas, fabricadas y transportadas al sitio bajo un contrato separado. Los trabajos de instalación electromecánica podrían comenzar cuando los trabajos civiles en una cámara dada hayan finalizado. La instalación de válvulas en las alcantarillas principales y en las piletas de ahorro de agua inicia en la cámara inferior y continua hacia las cámaras superiores. El tiempo estimado para la instalación de las válvulas es 13 meses.

La instalación de las compuertas requiere que se inunden las cámaras. Debido a que la marea alta en el Pacífico alcanza la cámara superior, todos los trabajos que deban ser realizados en el piso de la cámara, así como la instalación de todas las válvulas, deben haber finalizado antes de permitir la entrada de agua en la esclusa. Las compuertas del mar (las de la cámara inferior) se pueden instalar con los niveles de la marea del Pacífico.

Para la instalación de las compuertas intermedias y superiores es necesario que las compuertas de cámara inferior estén en operación y con capacidad de retener agua. Una vez se haya logrado esto, se requiere elevar el nivel del agua en las cámaras hasta obtener el nivel necesario para la instalación del resto de las compuertas. El tiempo estimado para la instalación de las compuertas es 4

meses. Luego de colocar la última compuerta, habría un periodo de pruebas a todo el equipo electromecánico cuya duración sería de 4 meses.

Figura 1. Cronograma de construcción de la esclusa del Pacifico



## 2. Evaluación de Constructibilidad

El equipo de costos determinó que la construcción del diseño propuesto por el Consorcio Post Panamax era factible. Las áreas que presentan los mayores retos de construcción son la tomas, la descarga y los conductos de las piletas de ahorro de agua.

El equipo identificó elementos que no se incluyeron entre los requerimientos para el diseño conceptual, pero que deben ser incluidos en la siguiente fase de diseño. Algunos de estos elementos son:

- Detalles de tomas y descargas
- Vertidos de agua desde el canal de acceso a través de descargas
- Diseño de ataguías para los desvíos de los ríos Grande y Cocolí
- Ataguía en el sur (Océano Pacífico) para permitir la construcción en seco
- Planta de tratamiento de aguas servidas para la esclusa
- Relocalización de la Carretera Borinquen
- Relocalización de infraestructura
- Diseño de carreteras entre las esclusas de Miraflores existentes, la nueva esclusa post-Panamax y las esclusas de Pedro Miguel existentes
- Mitigación ambiental

## 3. Movilización y Desmovilización

En la sección General de este reporte se presenta información detallada sobre las actividades de movilización y desmovilización.

## 4. Desvío y Manejo de Aguas

### 4.1 Canales de Desvío

#### 4.1.1 Río Cocolí

El Río Cocolí representa una tercera parte de la cuenca hidrográfica del Lago Miraflores. Tiene una cuenca hidrográfica de 2,770 hectáreas. Estimados hechos por la División de Ingeniería de las ACP determinaron que el caudal de diseño del río para un período de retorno de 20 años es de 300 m<sup>3</sup>/s; este es el caudal utilizado para dimensionar la infraestructura de desvío.

El desvío temporal involucra la construcción de un canal de una longitud de 2,575 m y 10 m de ancho en la base, lo cual requeriría de aproximadamente 450,000m<sup>3</sup> de excavación. El piso de concreto sería de 0.30m de espesor y contaría con taludes laterales 1.5H:1.0V protegidos por roca. Se necesitará

construir, aguas arriba del canal de desvío, una presa de tierra de 23,300 m<sup>3</sup> con un vertedero sin compuertas que descargue hacia el Océano Pacífico.

La elevación en la corona de la presa temporal sería +20m, con un francobordo de 4m sobre el nivel del Lago Miraflores; el vertedero sin compuertas tendría una elevación en la corona de +18m y estaría ubicado sobre el margen derecho del río, aguas arriba de la presa temporal.

El desvío temporal podría ser terminado antes de iniciar los contratos de excavación en los sitios de la esclusa y los canales de acceso. Una vez terminados estos trabajos de excavación, parte del cauce del río quedaría inundado a nivel del lago Gatún, la presa de desvío quedaría sumergida y la cuenca del río se adicionaría a la cuenca del lago Gatún. Una presa auxiliar con una elevación en la corona de +30m sería requerida en el área donde estaría ubicado el vertedero sin compuertas. Si se utiliza parte del valle del río como vertedero de materiales de excavación no reutilizados, se necesitará otro canal permanente de 800m de longitud, 22,000m<sup>3</sup> de excavación y de una construcción similar al del canal de desvío para completar el desvío permanente hacia el canal de acceso. La presa auxiliar, cuya altura sería de 12m, se construiría antes de inundar la esclusa y el canal de aproximación de aguas arriba.

#### **4.1.2 Rio Grande**

Un canal de desvío y una presa serían necesarios para desviar este río y sus arroyos tributarios, Conga y Sierpe, hacia el Corte Gaillard. La cuenca de este río es menor que la del río Cocolí y requeriría un canal de desvío más pequeño (1,650 m de longitud). Una vez concluyan los trabajos de excavación, el cauce del río se inundaría a nivel del lago Gatún y la presa temporal quedaría sumergida.

La elevación del lecho del río es aproximadamente 22m PLD; por lo tanto, una presa de 20m de altura sería necesaria para formar un pequeño lago y cambiar el cauce del río hacia el Corte Gaillard. El canal de desvío se excavaría en terrenos con elevaciones de hasta 50m PLD para llevar agua por gravedad hacia el Corte Gaillard. La calidad de agua será monitoreada previamente a la realización de estos trabajos de desvío, ya que la toma de aguas servidas de Paraíso de la planta de agua potable de Miraflores está ubicada a sólo 350m aguas arriba de la descarga del canal de desvío en el margen oeste del Corte Culebra.

La presa y el canal de desvío temporales estarían ubicados en el área de municiones no detonadas (UXO) entre las colinas de Paraíso y Sierpe. Estos trabajos de desvío podrían ser ejecutados antes de iniciar los trabajos de excavación del canal de navegación.



Figura 2: ← 10m → Canal de desvío

## 5. Excavación

### 5.1 Excavación de las Esclusas Post-Panamax del Pacífico

Las esclusas Post Panamax en el Pacífico, incluyendo los muros de aproximación del canal de acceso en el lado norte, están localizadas en el área de Cocolí, aproximadamente entre las estaciones 6K+000 y 8K+400. La excavación total para la construcción de la esclusa, incluyendo el canal de acceso (entre el tapón intermedio y la compuerta No.1 en la cámara superior y el canal de aproximación desde el Pacífico hasta la compuerta No.4 en la cámara mas baja), las piletas de ahorro de agua y los ductos entre las piletas y las cámaras es de aproximadamente 14.2 MMC. De ese total, el 26% es de material de cobertura, 32% es roca suave (formación tipo La Boca) y meteorizada, y el 42% restante es de roca basáltica. La Tabla 9 muestra las cantidades de excavación por tipo de estructura.

En este estimado se asume que el tiempo de movilización del contratista será de 90 días. La excavación podría iniciarse en tres frentes al mismo tiempo: el área de salida hacia el Pacífico, la cámara inferior y en la piletas de ahorro de agua de la cámara inferior. Después la cámara inferior, la excavación continuaría en las cámaras media y superior. Los nichos de las compuertas serian excavados al mismo tiempo que la excavación de la cámara correspondiente. La excavación de la entrada norte de la esclusa debería empezar antes que la excavación de la salida al Pacífico sea terminada. La excavación de la piletas

de ahorro de agua continuaría de abajo hacia arriba en la misma secuencia que las cámaras correspondientes. La excavación total se terminaría en 20 meses.

En base a la información geológica disponible, se supuso que la excavación a la entrada del tramo norte de la esclusa y el canal de acceso sería parte en basalto y parte en formación tipo La Boca. Las cámaras media y superior, los nichos de las compuertas 1 y 2 y las piletas de ahorro de agua de las cámaras media y superior, serían excavados en basalto. La cámara inferior y los nichos de las compuertas 3 y 4 serían excavados en formación tipo La Boca. Las paredes del muro de aproximación en el lado sur y las piletas de ahorro de agua en la cámara inferior se excavarían en basalto y formación La Boca.

De acuerdo con la última versión del diseño conceptual, la excavación en las cámaras media y superior estaría sobre basalto, con pendientes verticales en los primeros 12m desde el fondo de la excavación y luego con pendientes 1H:2V hasta el material de cobertura. La extensión total necesaria en el fondo de la excavación es de 87m. Para evitar perturbar los esfuerzos de la roca masiva, se deberán aplicar controles en el uso de explosivos para los cortes verticales en los nichos de compuertas y en los ductos que alimentan las piletas de ahorro de agua. El precorte se usaría a lo largo de las pendientes y se instalaría protección con malla de alambre y concreto rociado para evitar accidentes debido a la posible caída de rocas. En la cámara inferior, donde se presenta la formación La Boca, las pendientes se diseñaron 2H:1V en el fondo de la excavación, dando un ancho total de 89m.

En el Pacífico, casi todo el basalto que viene de la excavación se usaría para producir agregados para el concreto y como material procesado para relleno detrás de las paredes de las esclusas. La roca suave de la formación La Boca y parte del material de cobertura se usaría como material para relleno en el área de las piletas de ahorro de agua y para nivelar las áreas bajas al sur y al norte de la esclusa del Pacífico. El material restante, principalmente el material de cobertura, sería usado como relleno del área excavada para el proyecto de esclusa de 1939. El promedio de las distancias de acarreo es de 1Km.

| Usos de los Materiales Excavados |                     |                       |               |                        |                    |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------|------------------------|--------------------|
| Materiales                       | Unidades (en banco) | Agregados de Concreto | Relleno Común | Rellenos Seleccionados | Rellenos de zanjas |
| Exc. común                       | m <sup>3</sup>      |                       | 1,280,000     |                        | 2,340,000          |
| La Boca                          | m <sup>3</sup>      |                       | 2,800,000     | 1,460,000              |                    |
| Basalto                          | m <sup>3</sup>      | 3,774,000             |               | 2,550,000              |                    |

Tabla 9. Usos de los materiales excavados

## 5.2 Equipo de Excavación

Para la excavación se supuso el siguiente equipo: retroexcavadoras CAT 988G de 8 m<sup>3</sup> de capacidad, tractores de oruga D8R y camiones de 25 toneladas para

trabajos limpieza y desbroce; palas CAT 385 de 88 toneladas, camiones de 54 toneladas y camiones CAT 773E para materiales en general; y bulldózers D8R con escarificadores para la roca de la formación La Boca. La excavación en basalto requiere perforaciones y voladuras y para este trabajo se supuso equipo de perforación CM470/YH70, compresores, camiones de 10 toneladas, perforadores con taladros y equipo para voladuras y como explosivos se uso pasta a prueba de agua (75% emulsión y 25% gel). El agua lluvia y subterránea se controlaría con bombas sumergibles de 6 pulgadas y de 95 hp.

Puesto que la mayor parte del material sería usado como agregado de concreto y relleno para la esclusa, no se requeriría un sitio de despojo costoso. Para colocar y compactar el material en las áreas de relleno se usara una motoniveladora CAT 16H, tractores de oruga D7R, compactadores con cilindros vibradores para el material granular y patas de cabra para material impermeable y cohesivo, además de un cisterna de 10,000 galones.

## 6. Trabajo en Sitio

Dado que los diseños conceptuales no incluyen actividades fuera de la esclusa, se han hecho algunas suposiciones para estimar el trabajo en sitio. La limpieza y desbroce incluido en los trabajos sería realizado a lo largo de las carreteras que se utilizarían para despojo de materiales y en áreas adyacentes a la esclusa que puedan ser utilizadas por el contratista. Las carreteras incluidas en el sitio de trabajo se refieren a la relocalización de la Carretera Borinquen y a otras carreteras de acceso. Las relocalizaciones y demoliciones se incluyeron para tomar en cuenta cualquier estructura no prevista.

Se incluyeron costos de infraestructura para la relocalización temporal y permanente de líneas de agua, aguas servidas y electricidad. Se requerirá la preparación del sitio de despojo de Cocolí para el material de excavación de la esclusa. La restauración del sitio de despojo sería requerida para satisfacer la condición que estipula que el sitio sería dejado en condiciones aceptables.

## 7. Concreto

El diseño conceptual revisado de CPP para un sistema de esclusa post-Panamax mantiene los mismos elementos básicos de concreto: tres cámaras de 426.8m de longitud; tres piletas de ahorro de agua por escalón; cuatro nichos de compuertas; dos compuertas deslizantes para cada nicho; y muros de aproximación en cada entrada a la esclusa.

## 7.1 Elementos de Concreto

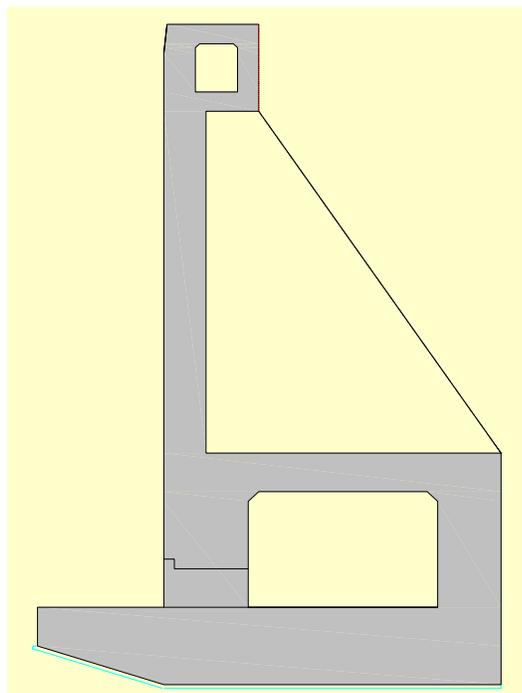
Para propósitos del estimado se dividió la esclusa en cuatro componentes principales: muros de aproximación, muros de la cámara, nichos de compuertas y piletas de ahorro de agua.

Los vaciados de concreto comenzarían un año después de la adjudicación del contrato. Para ese entonces, la excavación de la cámara 3 habría sido terminada, mientras que las excavaciones de las cámaras 1 y 2, y de los muros de aproximación tendrían avances de entre 50 y 75%.

La Tabla 10, a continuación, muestra los volúmenes totales de concreto para la esclusa con tres piletas de ahorro de agua.

| Detalle                       | Cantidades (m <sup>3</sup> ) |                            |                   |
|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------|
|                               | Concreto Reforzado           | Concreto Rolado Compactado | Concreto Pobre    |
| Muros de aproximación y pisos | 169,590.00                   | 8,330.00                   | 6,580.00          |
| Muros y pisos de cámaras      | 671,140.00                   | 4,170.00                   | 61,980.00         |
| Nichos de compuertas          | 516,790.00                   | -                          | 11,920.00         |
| Piletas de ahorro de agua     | 391,880.00                   | 244,260.00                 | 171,890.00        |
| <b>Total</b>                  | <b>1,749,400.00</b>          | <b>256,760.00</b>          | <b>252,370.00</b> |

**Tabla10.** Volúmenes de concreto para esclusa con tres piletas de ahorro de agua



**Figura 3.** Sección típica de muro de cámara (basalto)

## 7.2 Formaletas

Aunque algunas de las estructuras de la esclusa tienen formas que tendrían que ser construidas utilizando formaletas especiales de acero y madera, para simplificar el cálculo de costos se asumió que todas las estructuras de la esclusa podrían ser construidas utilizando tres tipos de formaleta de acero: modulares en cantolibre, de techo y plegables. A continuación se listan los tipos de formaletas asumidos y sus aplicaciones.

- **Modular en cantolibre.** Son módulos de varios paneles (el número de paneles en un módulo depende de la capacidad de la grúa utilizada para manejarlas) que pueden contar con pistones hidráulicos para facilitar su remoción. Se utilizarían para los muros de aproximación y cámara, los nichos de compuertas, los muros de las piletas de ahorro de agua, el nicho de compuertas y las paredes del monolito de válvulas.
- **De techo.** Utilizada en la parte inferior de la losa, serían empleadas en algunas áreas de los muros de los nichos de compuertas y en los conductos.
- **Plegable.** Para agilizar la construcción de la alcantarilla principal, la galería de máquinas y los puertos de llenado laterales se ha propuesto la utilización de formaletas plegables que corran sobre rieles. Estas formaletas contarían con pistones hidráulicos que permitirían manejar su mecanismo de plegado.

Para calcular los factores de formaleta se realizó un análisis detallado de los muros de las cámaras, dado que estos elementos son las secciones más representativas de las esclusas. Los muros de las cámaras representan el 27% del volumen total de concreto estructural y tienen un factor de formaletas de  $0.53\text{m}^2/\text{m}^3$ , el cual está muy cercano al factor de formaleta promedio del proyecto de  $0.506\text{m}^2/\text{m}^3$ . De acuerdo al conteo de vaciados para los muros de las cámaras, hay un total de 484 vaciados o, una vez más, 27% del total de los vaciados del proyecto. El vaciado promedio es de  $964\text{m}^3$ , muy cercano al promedio del proyecto de  $959\text{m}^3$ . Por todo esto, los resultados del análisis de las formaletas de los muros de las cámaras fueron aplicados al de las formaletas del proyecto.

Nuestro análisis concluyó que las formaletas de los muros de la cámara se utilizarán en promedio unas 40 veces, aunque se requerirán nuevas disposiciones para acomodar las pequeñas variaciones entre las secciones de la cámara 3 y las de las cámaras 1 y 2.

La Tabla 11 resume los tipos de formaletas requeridas de acuerdo al área de construcción.

| Áreas                                    | Tipo de Formaleta |
|--|-------------------|
| <b>Muros de aproximación y de cámara</b> |                   |
| Muros                                    | Cantolibre        |
| Contrafuertes                            | Cantolibre        |
| Galerías de máquinas y cables            | Plegable          |
| Alcantarilla                             | Plegable          |
| <b>Piletas de ahorro de agua</b>         |                   |
| Muros                                    | Cantolibre        |
| Conductos                                | Cantolibre, techo |
| <b>Nichos de compuertas</b>              |                   |
| Muros                                    | Cantolibre        |
| Galerías de máquinas y cables            | Plegable          |
| Nichos de válvulas y mamparos            | Cantolibre        |

Tabla 11. Tipos de formaletas por área de construcción

### 7.3 Acero de Refuerzo

Las cantidades de acero de refuerzo se determinaron de acuerdo a una relación de acero/concreto (0.075 ton de acero/m<sup>3</sup> de concreto) presentada en los estudios conceptuales de CPP.

### 7.4 Alcantarillas de los Muros de las Esclusas

El equipo que sería utilizado para la construcción de las alcantarillas de los muros de la cámara 3 consiste en 2 grúas con bandas transportadoras y 2 grúas tipo Link-Belt de 110 toneladas. Estas grúas se encargarían del manejo del acero de refuerzo, formaletas y de los vaciados de concreto. Se contaría con dos juegos de formaletas plegables que requerirían de una superficie que permita que estas sean transportadas en rieles a lo largo de la alcantarilla. Para esto, el piso de la alcantarilla sería construido primero, como parte de las fundaciones de los muros de las cámaras. Una vez, se concluya la construcción de las alcantarillas de la cámara 3, el equipo y las formaletas serían transferidos a la cámara 2 y, por último, a la cámara 1.

### 7.5 Piletas de Ahorro de Agua, Monolito de Válvulas y Conductos

Para la programación de los trabajos de excavación y relleno, los conductos de las piletas de ahorro de agua se dividieron en dos secciones: las que cruzan las cámaras y las que pasan debajo de las piletas.

Los conductos que cruzan la cámara se construirían utilizando una grúa de 20 toneladas y una bomba de concreto de 8 pulgadas. Una vez se termine la

construcción de los conductos de la cámara 3, el equipo y las formaletas serían transferidos a la cámara 2. Los conductos de la cámara 1 iniciarían después de los de la cámara 2.

Se supuso que la construcción de los conductos que pasan debajo de las piletas de ahorro de agua iniciaría en la cámara 3 para luego continuar en las cámaras 2 y 1. La construcción de los muros de las piletas comenzaría una vez se concluya el relleno sobre los conductos. La construcción de los pisos sería la última actividad de concreto que sería realizada en cada cámara e iniciaría en las piletas de la cámara 3, continuaría en las de la 2 y finalizaría en las de la 1. Para estos trabajos se utilizarían 3 grúas de 20 toneladas y 3 bombas de concreto.

Los monolitos de válvulas serían contruidos utilizando una grúa de oruga y están programados para iniciar luego de terminados los conductos. La secuencia de construcción sería similar a la de los conductos que cruzan la cámara.

## **7.6 Nichos de Compuertas**

La construcción del nicho de compuerta 3 comenzaría un año después de la adjudicación del contrato. En cada nicho se utilizaría una grúa tipo Link-Belt para el manejo de acero de refuerzo y formaletas y una grúa con bandas transportadoras para el vaciado de concreto. El nicho de compuerta 4 iniciaría un mes después con el mismo tipo de equipo utilizado en el nicho de compuerta 3. Una vez que hayan concluido las obras en los nichos 3 y 4, los equipos utilizados en la construcción de esas estructuras serían trasladados a los nichos 1 y 2, respectivamente, donde se utilizaría el mismo procedimiento.

## **7.7 Muros de la Esclusa**

La construcción de los muros de las cámaras y sus contrafuertes se realizaría utilizando bombas para los vaciados de concreto y grúas Link-Belt para manejar la colocación del acero de refuerzo y formaletas. La construcción de los muros inicia en la cámara 3, continua en la cámara 2 y concluye en la cámara 1.

## **7.8 Muros de Aproximación**

El diseño conceptual de CPP contempla la construcción de muros de aproximación en ambos extremos de la esclusa. El muro de aproximación sur iniciaría una vez se hayan completado las fundaciones de la cámara 1. La fundación del muro se construiría utilizando 2 grúas con bandas transportadoras para el vaciado de concreto y 2 grúas Link-Belt para el manejo de acero de refuerzo y formaletas. Las paredes del muro serían vaciadas por medio de bombas; mientras que el manejo del acero de refuerzo y formaletas seguiría a

cargo de las grúas Link-Belt. Una vez este muro sea concluido, el equipo se trasladaría al muro de aproximación norte para realizar la misma operación.

## **7.9 Galerías de Máquinas y Cables**

La construcción de los muros de esclusa y aproximación descrita anteriormente no incluye la construcción de las galerías. Para comenzar este trabajo, deben haber concluido la construcción de los muros y sus contrafuertes y el relleno de la parte posterior de los muros, ya que los pisos de las galerías se apoyan sobre el material de relleno. Los equipos que serían utilizados en la construcción de las galerías serían ubicados sobre el relleno, eliminando la necesidad de ocupar la cámara y permitiendo el inicio de los trabajos de inundación de cámara e instalación de compuertas. El vaciado de las galerías se llevaría a cabo utilizando bombas, mientras que el manejo del acero de refuerzo y formaletas requeriría una grúa de 20 toneladas. La construcción de las galerías inicia en la cámara 3, continua en el muro de aproximación sur, la cámara 2, el muro de aproximación norte y concluye en la cámara 1.

## **7.10 Pisos de la Cámara**

El diseño conceptual incluye pisos de RCC para la cámara 3 y las entradas norte y sur de la esclusa. El vaciado de estos pisos iniciaría en la entrada sur, continuaría en la cámara 3 y finalizaría en la entrada norte.

# **8. Equipo Electromecánico**

## **8.1 Compuertas Deslizantes**

### **8.1.1 Descripción**

Las compuertas deslizantes son estructuras de acero fabricadas con platinas reforzadas, marcos estructurales internos y cámaras de flotación, que cierran el ancho total de la esclusa y se retraen hacia un nicho ubicado perpendicularmente al muro. Estas compuertas son utilizadas cuando se requiere cerrar aperturas de ancho considerable. Las compuertas deslizantes con largos mayores a los 55m requeridos para las esclusas post-Panamax existen en varias esclusas de Europa (la esclusa de Berendrecht en Antwerp, Bélgica, tiene compuertas de 68m de longitud – ver figura 4). El nicho se puede sellar para aislarlo de la cámara y permitir así su secado para mantenimiento o reparación de compuertas. Los nichos deben estar equipados con una compuerta flotante y un sistema de bombas que permita su secado.



**Figura 4.** Compuerta deslizante en la esclusa de Berendrecht

Para la esclusa de tres escalones del Pacífico se necesitarían ocho compuertas deslizantes.

Las compuertas se apoyan sobre vagones deslizantes superiores e inferiores en una configuración tipo “carretilla”. Esto consiste en un vagón inferior que se desliza en rieles en el quicio y un vagón superior que corre sobre rieles que se apoyan en cantolibras que se proyectan de las paredes del nicho. El vagón superior se utiliza para transmitir la fuerza de empuje a la compuerta deslizante. Las compuertas del Pacífico tienen un peso total de 20,674 toneladas. Este peso incluye lo siguiente:

- dos compuertas por nicho
- un mamparo de sellado por nicho
- dos vagones de soporte inferior por nicho
- dos vagones de soporte superior por nicho
- un repuesto de vagón de soporte inferior para el nicho 1
- un repuesto de vagón de soporte inferior para los nichos 2, 3 y 4
- doce vagones de soporte para mantenimiento para el nicho 1
- doce vagones de soporte para mantenimiento para los nichos 2, 3 y 4

La Tabla 12, a continuación, muestra los pesos para cada uno de los componentes antes descritos.

| Descripción    | Cantidad | Compuertas T1 (tons) | Compuertas T2 (tons) | Compuertas T3 (tons) | Compuertas T4 (tons) |
|----------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Compuertas     | 2        | 1550                 | 2600                 | 2600                 | 2700                 |
| Mamparos       | 1        | 200                  | 300                  | 300                  | 300                  |
| Vagón superior | 2        | 30                   | 45                   | 45                   | 45                   |
| Vagón inferior | 2        | 25                   | 35                   | 35                   | 35                   |

Tabla 12. Pesos de compuertas deslizantes

Las compuertas son operadas por un sistema de malacate, que está conectado al vagón superior. El sistema de malacate consiste de (1) dos motores AC de empuje de 300 KW cada uno (uno en operación y el otro de reserva), (2) un motor AC de emergencia de 30KW, (3) un panel central de engranaje, (4) dos paneles de engranajes secundarios y (5) dos carretes para cables de aproximadamente 2m de diámetro (ver figura 5). Los dos cables están conectados en uno de sus extremos al vagón superior de apoyo por medio de un juego de poleas, y en el otro extremo al carrete.



Figura 5. Compuertas deslizantes – sistema de malacate

Las compuertas para la nueva esclusa operan en ciclos de aceleración - velocidad constante - desaceleración, y se diseñaron para abrir y cerrar en tiempos de entre 4 y 5 minutos.

### 8.1.2 Procedimiento de Instalación

Una de las premisas básicas del estimado es que las compuertas deslizantes se construirían en un astillero o en una fábrica de industria metálica pesada con capacidad para producir las compuertas en los tiempos requeridos y con los estándares de calidad esperados. Una vez terminadas, las compuertas se transportarían a Panamá en un buque de carga sumergible, en una barcaza o flotando verticalmente y dirigidas por remolcadores.

Al llegar a la costa Pacífica de Panamá, las compuertas se amarrarían en el nuevo canal de entrada hasta que los avances en la construcción de la esclusa

permitan la inundación de las cámaras (incluyendo la instalación de todas las válvulas de alcantarillas y conductos). Se asume que cuando esto ocurra los edificios de máquinas donde se instalaría el equipo operacional estarían terminados y que los malacates, engranajes y motores estarían instalados y esperando sus alineamientos y ajustes finales, los cuales se llevarían a cabo cuando cada compuerta esté en su lugar.

Cuando se remueva el ataguía del lado Pacífico y se haya excavado/dragado un segmento del tapón marino, la esclusa del Pacífico se inundaría hasta nivel del mar (aproximadamente cuatro años después de la adjudicación del contrato). Entonces, las 8 compuertas se moverían al nivel inferior de la esclusa, donde serían amarradas. Las primeras compuertas en ser instaladas serían el par T4. Con la marea alta apropiada, cada compuerta se colocaría en su nicho con la ayuda de remolcadores, malacates, cabestrantes y la grúa flotante Titán (o pontones adicionales) para asegurar la estabilidad requerida durante la operación de giro.

Una vez la compuerta se encuentre dentro de su nicho, se incrementaría la flotación de la compuerta para que las vigas de soporte puedan ser posicionadas; luego, se bajaría la compuerta para que quede apoyada en estas vigas. Una grúa de 40 toneladas ubicada sobre el nicho colocaría el vagón de soporte inferior en sus rieles y, luego, con la ayuda de buzos, éste sería acomodado bajo la compuerta. Esta misma grúa instalaría el vagón superior, el cual debe ser conectado a la estructura de la compuerta. Al concluir esta operación, la compuerta se volvería a flotar para remover las vigas de soporte. Entonces, se ajustaría el lastre de la compuerta para hundirla y distribuir el peso entre los vagones inferiores y superiores. Esto permitiría que los cables de acero del sistema de malacate sean conectados a los vagones superiores. Con los cables instalados, se pueden iniciar las pruebas de la compuerta. Se han programado un mes para la instalación de estas dos compuertas.

La instalación de las compuertas T1, T2 y T3 presenta un reto mayor ya que, incluso con marea alta, el nivel de agua no es suficiente para permitirles flotar y acomodarse en sus nichos. Para poder comenzar la inundación de las cámaras, lo cual permitiría flotar las compuertas T1, T2 y T3, al menos una de las compuertas del par T4 debe estar operando y con capacidad para cerrarse y retener el agua que sería trasladada desde el Lago Miraflores. Al ser alcanzado el nivel de agua apropiado, se aplicaría para la instalación de las compuertas T1, T2 y T3 el mismo procedimiento descrito para las T4. Se estimó que la instalación de cada par de compuertas tomaría 1 mes y que el período de pruebas del sistema, el cual iniciaría al ser colocadas las compuertas T1, duraría 4 meses.

## 8.2 Válvulas de Alcantarillas y Conductos

### 8.2.1 Descripción

Las alcantarillas, los conductos y las válvulas son los componentes de un sistema de llenado y vaciado de esclusa. Las válvulas están localizadas en las alcantarillas longitudinales cerca de los extremos aguas arriba y aguas abajo de la cámara y son utilizadas para controlar el flujo de agua. En sistemas que incluyen piletas de ahorro de agua, las válvulas localizadas en el monolito de válvulas adyacente al muro de la esclusa controlan el flujo de agua desde y hacia las piletas. Las alcantarillas de flujo transversal, llamadas conductos para distinguirlas de las alcantarillas de flujo longitudinal, conectan la cámara con las piletas. Los diseñadores del sistema de llenado y vaciado de la nueva esclusa del Pacífico seleccionaron un sistema operativo de válvulas de vástago ascendente con ruedas operados por cilindros hidráulicos similares a los usados en las válvulas de vástago ascendente de las esclusas existentes.

Para el diseño de tres escalones de la esclusa del Pacífico, se requerirían 16 válvulas de alcantarilla y 36 de conductos. La Tabla 13, a continuación, muestra las dimensiones y pesos estimados de estos elementos (el peso mostrado incluye la ferretería de los nichos). La ferretería adicional de nichos de válvulas tiene un peso total de 672 toneladas.

| Válvulas      | Cantidad | Cabeza Hidráulica (m) | Ancho (m) | Altura (m) | Peso (tons) |
|---------------|----------|-----------------------|-----------|------------|-------------|
| Alcantarillas | 16       | 37.03                 | 4.5       | 6.0        | 64          |
| Conductos     | 36       | 42.52                 | 4.5       | 6.0        | 75          |

Tabla 13. Dimensiones y pesos estimados para válvulas de alcantarillas y conductos

La Tabla 14 muestra los pesos y dimensiones de los mamparos (el peso de mostrado incluye la ferretería de los nichos). La ferretería adicional de nichos de mamparos tiene un peso total de 1,920 toneladas.

| Mamparos      | Cantidad | Ancho (m) | Altura (m) | Peso (tons) |
|---------------|----------|-----------|------------|-------------|
| Alcantarillas | 8        | 4.5       | 6.0        | 80          |
| Conductos     | 8        | 4.5       | 6.0        | 296         |

Tabla 14. Dimensiones y pesos estimados para mamparos de alcantarillas y conductos

### 8.2.2 Procedimiento de Instalación

Una de las premisas básicas del estimado es que las válvulas de alcantarillas y conductos y su equipo operativo se construirían en un astillero o en una fábrica de industria metálica pesada con capacidad para producir las válvulas en los tiempos requeridos y con los estándares de calidad esperados. Una vez terminadas, las válvulas serían transportadas en un buque de carga y desembarcadas en el muelle de manejo de materiales construido para el

proyecto en el margen suroeste del canal de entrada Pacífico. Luego serían montadas en una mesa que las transportaría hasta el sitio de la construcción.

Cuando los trabajos civiles de los nichos de compuerta (válvulas de alcantarilla) y de los monolitos de válvulas (válvulas de conducto) hayan concluido (incluyendo la instalación de todos los metales empotrados, sellos inferiores y superiores y guías verticales, entre otros elementos), la válvula sería instalada en el nicho por una grúa de 60 toneladas ubicada sobre el nicho de compuertas o monolito de válvulas.

Una vez estén en la posición de cierre, los sellos de la válvula serían ajustados y el cilindro hidráulico sería posicionado con la grúa y asegurado a la losa de concreto que está sobre el cuerpo de la válvula. Luego, la barra cilíndrica sería extendida y conectada mecánicamente a la válvula. La instalación de las unidades de potencia hidráulica y panel de control eléctrico se completarían en sus respectivos cuartos de válvulas. A estas operaciones seguirían las pruebas del equipo.

La instalación de las válvulas iniciaría con las de la cámara 3 y continuaría con las de los conductos de la cámara 2, las de alcantarilla de los nichos 4 y 3, las de conducto de la cámara 1, y concluiría con las de alcantarilla de los nichos 2 y 1. Se estimó que la instalación de cada juego de válvulas de alcantarilla tomaría 2 meses, mientras que cada juego de válvulas de los conductos tomaría 3 meses.

### **8.3 Equipo Eléctrico: Luces, Distribución y Control**

#### **8.3.1 Descripción**

El supuesto que indica que el sistema de posicionamiento de buques utilizaría remolcadores elimina la necesidad de los componentes eléctricos relacionados a las locomotoras.

La instalación del siguiente equipo eléctrico también sería necesaria en la nueva esclusa: luces (exteriores e interiores), cubículos de distribución (alto y bajo voltaje), interruptores seccionalizadores, generadores de emergencia, cables de alimentación primaria, paneles de control local, controles por controladores lógicos programables (PLC) locales y remotos, computadoras, protectores de voltaje (UPS), circuito cerrado de televisión (CCTV) y circuitos de la fibra óptica de control.

#### **8.3.2 Procedimiento de Instalación**

Una de las premisas básicas del estimado es que un subcontratista eléctrico instalaría el equipo eléctrico y que este equipo sería importado debido a su alto grado de especialización.

### **8.3.3 Equipo de Luces**

Los postes de luces de 35m de altura se instalarían una vez el concreto de la losa superior de la galería haya curado. Una grúa de 20 toneladas posicionaría los postes en una base prefabricada, la cual debe ser parte de la losa superior de la galería y contar con los pernos empotrados necesarios. Las lámparas HPS se instalarían bajando el aro de lámparas por medio de un dispositivo portátil.

Las luces reflectoras de la cámara, las cuales serían colocadas en nichos especiales diseñados específicamente para mantenerlas fuera de cualquier contacto con los buques, serían instaladas una vez se concluyan los trabajos de construcción de la galería. Cuando se hayan instalado las compuertas, se procedería a la instalación de las luces reflectoras de compuerta. Las luces en los edificios serían instaladas de acuerdo al cronograma de construcción de cada una de estas estructuras. Los alimentadores eléctricos para cada uno de los equipos de luces se conectarían a un panel de distribución localizado en el cuarto técnico de compuerta más cercano a cada compuerta.

### **8.3.4 Equipo de Distribución Eléctrica**

Todos los cubículos de distribución, transformadores, interruptores seccionalizadores y generadores de emergencia se colocarían en sus respectivos cuartos de alto voltaje con la ayuda de una grúa de 20 toneladas. Estos cuartos estarían adyacentes a los cuartos de máquinas. El tiempo para la instalación de estos equipos dependerá de la habilidad de las grúas para pasar a través de las puertas de esta estructura, o de que el equipo deba ser instalado antes de la construcción del techo.

Las bandejas de cables, los circuitos de alimentación, el resto del cableado eléctrico y las tuberías de aire comprimido corren en la galería que se encuentra en la parte superior del muro. La instalación de este equipo puede ser realizada una vez la galería haya sido construida.

### **8.3.5 Equipo de Control Eléctrico**

Las bandejas de cables y los circuitos de fibra óptica también pueden ser instalados una vez se complete la galería. Los controles PLC se colocarían dentro de los paneles de control local de las compuertas y válvulas. Los PLC tienen que ser cableados (cables de fibra óptica) y alimentados (cables eléctricos) a la vez que se instalan los malacates o unidades de potencia hidráulica. Cualquier equipo de control adicional podría ser instalado dentro de los cuartos de máquinas una vez que estas estructuras hayan sido completadas.

La computadora principal, los PLC, las pantallas, los UPS, las bandejas modulares de fibra óptica, el CCTV y el resto del equipo de control se instalaría

en el edificio de control central. Una vez se haya instalado todo el equipo, el edificio de control podría ser cableado para iniciar las pruebas del sistema.

### **III. ATLÁNTICO**

# 1. Atlántico – Antecedentes e Información General

La evaluación realizada por la ACP de los diseños conceptuales presentados por el Consorcio Post Panamax (CPP)- Pacífico y el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE) – Atlántico, dio como resultado la recomendación de utilizar compuertas deslizantes y un sistema de llenado y vaciado a través de puertos laterales. Con el fin de utilizar el mismo concepto básico en ambas esclusas, la ACP contrató al Consorcio Post Panamax para desarrollar el diseño conceptual recomendado en las esclusas del sector Atlántico. Adicional a la definición de los elementos de diseño para ambas esclusas, el estudio de mercado presentado determinó que el buque de diseño resultante tiene las siguientes dimensiones: 45.6 m de manga, 335 de eslora y 13.0 mt de calado. Este parámetro, produjo la disminución de las dimensiones de la cámara de las esclusas. Al mismo tiempo se realizaron cambios en el nivel operativo del lago, para posponer la necesidad de desarrollar proyectos de agua en la cuenca oeste del Canal de Panamá.

## 1.1 Suposiciones

**Las suposiciones usadas en el desarrollo del estimado de costos y del cronograma para las esclusas post-Panamax del Atlántico son:**

- El material excavado de la esclusa del Atlántico será depositado en el Lago Gatún, fuera del canal de navegación; parte de este material también podrá ser depositado en el sector norte en la Isla Telfer.
- El material que se utilizará para agregados, relleno y capa base se obtendría de la excavación del Canal de Acceso del Pacífico; luego será procesado y transportado al Atlántico por ferrocarril. También existe la alternativa de transportarlo por barcaza.
- Se prevé una ruta alterna para el tráfico que requiere acceso al banco oeste.

## 1.2 Adquisición de Tierras Requeridas

Un proyecto de construcción de esta magnitud requiere que el contratista cuente con instalaciones tales como oficinas, talleres, depósitos y otra infraestructura operativa. Para acomodar estas instalaciones en el Atlántico, la ACP deberá adquirir aproximadamente 60 hectáreas de terreno. Dada la proximidad de la urbanización José Dominador Bazán (Fort Davis) al área de construcción, la compra de propiedades en ese sitio que estén cerca de las esclusas ayudaría también a evitar reclamos por ruido y otras molestias relacionadas a la construcción.

### 1.3 Cronograma

El tiempo total estimado para la construcción de la esclusa del Atlántico sin demoras producto de la contingencia es 60 meses. La excavación, los trabajos de concreto y los trabajos electromecánicos son las actividades que tienen un mayor impacto en el cronograma de construcción. La movilización para los trabajos de excavación y concreto inician tan pronto se adjudica el contrato.

El estimado asume que los trabajos en sitio pueden comenzar tres meses después de la adjudicación del contrato. Si el contratista principal subcontrata estos trabajos a compañías locales, o si la ACP contrata los trabajos por separado removiéndolos del contrato de la obra civil principal, algunos trabajos pudiesen empezar durante la fase de movilización o antes de que se adjudicara el contrato principal. Las actividades que pudiesen ser incluidas en estas primeras etapas son: reparación y relocalización de calles, construcción de una extensión de la vía del tren para recibir agregados y piedra triturada del Pacífico, refuerzo de los tapones norte y sur para poder aceptar tráfico pesado, secado de la excavación de 1939, preparación de áreas para plantas de trituración de agregados y mezclado de concreto, y limpieza de áreas para plataformas de equipo pesado y talleres.

Se supuso que la excavación de la esclusa empezaría simultáneamente en cuatro frentes distintos. El tiempo estimado para completar la excavación de la esclusa de Atlántico es de aproximadamente 26 meses.

Las plantas (agregados, concreto, hielo, enfriamiento, etc.) estarían preparadas para iniciar operaciones 12 meses después de que se adjudicara el contrato. Los trabajos de concreto comenzarían en la cámara 3 y el muro de aproximación sur y avanzarían hacia la cámara 1 y el muro de aproximación norte.

Para poder programar apropiadamente el uso del equipo, los trabajos de concreto se han dividido en las siguientes actividades: nichos de compuertas, muros de esclusa, galerías, monolitos de válvulas, conductos de piletas de ahorro de agua, piletas de ahorro de agua y pisos.

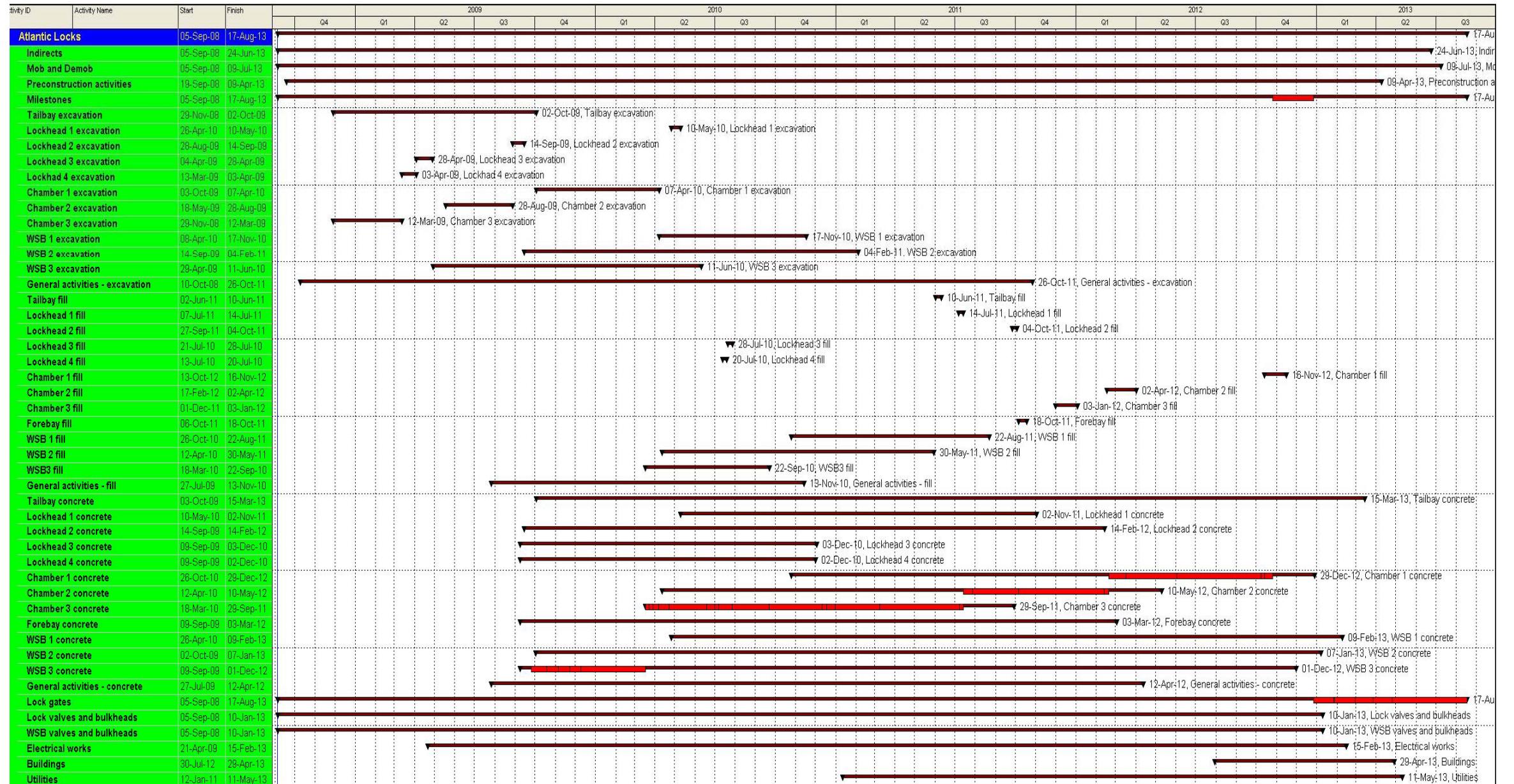
El equipo utilizado para cada una de estas actividades en la cámara inferior es utilizado sucesivamente en las cámaras media y superior. El tiempo estimado para los trabajos de concreto es 42 meses.

En el estimado de costos y el cronograma se asume que las compuertas, las válvulas y los mamparos serían diseñados, fabricados y transportados al sitio bajo un contrato separado. Los trabajos de instalación electromecánica podrían comenzar cuando los trabajos civiles en una cámara dada hayan finalizado. La instalación de válvulas en las alcantarillas principales y en las piletas de ahorro de agua inicia en la cámara inferior y continua hacia las cámaras superiores. El tiempo estimado para la instalación de las válvulas es 12 meses.

La instalación de las compuertas requiere que se inunden las cámaras. Debido a que la marea alta en el Atlántico alcanza la cámara superior, todos los trabajos que deban ser realizados en el piso de la cámara, así como la instalación de todas las válvulas, deben haber finalizado antes de permitir la entrada de agua en la esclusa. Las compuertas del mar (las de la cámara inferior) se pueden instalar con los niveles de la marea del Atlántico.

Para la instalación de las compuertas intermedias y superiores es necesario que las compuertas de cámara inferior estén en operación y con capacidad de retener agua. Una vez se haya logrado esto, se requiere elevar el nivel del agua en las cámaras hasta obtener el nivel necesario para la instalación del resto de las compuertas. El tiempo estimado para la instalación de las compuertas es 4 meses. Luego de colocar la última compuerta, habría un periodo de pruebas a todo el equipo electromecánico cuya duración sería de 4 meses.

Figura 6. Cronograma de construcción de la esclusa del Atlántico



## **2. Evaluación de Constructibilidad**

El equipo de costos determinó que la construcción del diseño propuesto por el Consorcio Post Panamax era factible. Las áreas que presentan los mayores retos de construcción son la tomas, la descarga y los conductos de las piletas de ahorro de agua.

El equipo identificó elementos que no se incluyeron entre los requerimientos para el diseño conceptual, pero que deben ser incluidos en la siguiente fase de diseño. Algunos de estos elementos son:

- Detalles de tomas y descargas
- Vertidos de agua desde el canal de acceso a través de descargas
- Planta de tratamiento de aguas servidas para la esclusa
- Relocalización de infraestructura
- Diseño de carreteras entre las esclusas de Gatún existentes y la nueva esclusa post-Panamax
- Mitigación ambiental

## **3. Movilización y Desmovilización**

En la sección General de este reporte se presenta información detallada sobre las actividades de movilización y desmovilización.

## **4. Desvío y Manejo de Aguas**

### **4.1 Sistema de Desagüe**

Para mantener el área de excavación libre de agua, se instalaría un sistema de desagüe que funcionaría durante la mayor parte de la fase de construcción de la esclusa.

## **5. Excavación**

### **5.1 Excavación de las Esclusas Post-Panamax del Atlántico**

Las esclusas Post Panamax en el Atlántico, incluyendo los muros de aproximación, están localizadas en el área de Gatún al este de las esclusas existentes, aproximadamente entre las estaciones 11K+000 y 12K+900. La excavación total para la construcción de la esclusa, incluyendo el canal de acceso (entre el tapón norte y el nicho de compuertas No.4 en la cámara inferior y el tapón sur, las piletas de ahorro d agua y los conductos entre las piletas y las cámaras es de aproximadamente 18.06 MMC. De ese total, el 37% corresponde a material de cobertura y lama del Atlántico y el 63% restante es roca suave

(formación tipo Gatún). La Tabla 2 muestra las cantidades de excavación por tipo de estructura.

En este estimado se asume que el tiempo de movilización del contratista será de 90 días. La excavación podría iniciarse en cuatro frentes al mismo tiempo: el área de salida hacia el Atlántico, la cámara inferior, la cámara superior y el área de salida hacia el Lago Gatún, incluyendo la piletas de ahorro de agua de las cámaras superior e inferior. La excavación de la cámara media después de la excavación de la cámara inferior, incluyendo la excavación de la pileta. La excavación total se terminaría en 26 meses.

En base a la información geológica disponible, se supuso que la excavación a la entrada del tramo sur de la esclusa sería en formación lama del Atlántico. Las áreas de entrada a las esclusas, las tres cámaras, los nichos de las compuertas y las piletas de ahorro de agua serían excavados en la formación Gatún.

De acuerdo con la última versión del diseño conceptual, la excavación en las cámaras contaría con pendientes 1H: 6V hasta una berma de 4m y luego con pendientes 1H: 3V hasta el material de cobertura. La extensión total necesaria en el fondo de la excavación es de 101.5m. Las pendientes finales se protegerían de los elementos con malla de alambre y concreto rociado para evitar accidentes debido a la posible caída de rocas

La mayoría del material resultante de las excavaciones se transportaría al área de despojo localizada tentativamente en aguas profundas del Lago Gatún, aproximadamente a 3 km al este de la entrada sur de la nueva esclusa.

## 5.2 Equipo de Excavación

Para la excavación se supuso el siguiente equipo: retroexcavadoras CAT 988G de 8 m<sup>3</sup> de capacidad, tractores de oruga D8R y camiones de 25 toneladas para trabajos limpieza y desbroce; palas CAT 385 de 88 toneladas y camiones CAT 773E de 54 toneladas para materiales en general; y buldózeres D8R con escarificadores de roca, palas CAT 385 y camiones CAT 773E para la roca suave de la formación Gatún. El agua lluvia y subterránea se controlaría con bombas sumergibles de 6 pulgadas y de 95 hp.

La mayor parte del material sería transportado a sitios de despojo. Un muelle para barcasas sería construido cerca del Lago Gatún hacia donde los camiones transportarían el material. La distancia de acarreo media hasta el muelle sería de 1 km. Se supuso que el material se transportaría al sitio de despojo del lago en barcasas de descarga por el fondo con una capacidad de aproximadamente 3,500m<sup>3</sup> asistidas por remolcadores. El área donde se depositaría el material deberá ser limpiada con anterioridad para eliminar troncos sumergidos por la creación del Lago Gatún y así permitir el acceso seguro de las barcasas y los remolcadores.

## 6. Trabajo en Sitio

Dado que los diseños conceptuales no incluyen actividades fuera de la esclusa, se han hecho algunas suposiciones para estimar el trabajo en sitio. La limpieza y desbroce incluidos en los trabajos sería realizado a lo largo de las carreteras que se utilizarían para despojo de materiales y en áreas adyacentes a la esclusa que puedan ser utilizadas por el contratista. La carretera incluida en el sitio de trabajo se refiere a la carretera a lo largo del extremo sur de de excavación. Las relocalizaciones y demoliciones se incluyeron para tomar en cuenta cualquier estructura no prevista.

## 7. Concreto

El diseño conceptual revisado de CPP para un sistema de esclusa post-Panamax mantiene los mismos elementos básicos de concreto: tres cámaras de 426.8m de longitud; tres piletas de ahorro de agua por escalón; cuatro nichos de compuertas; dos compuertas deslizantes para cada nicho; y muros de aproximación en cada entrada a la esclusa. La fundación de los muros del Atlántico difiere con respecto a los muros del Pacífico para tomar en cuenta las condiciones geológicas y sísmicas del Atlántico.

### 7.1 Elementos de Concreto

Para propósitos del estimado se dividió la esclusa en cuatro componentes principales: muros de aproximación, muros de la cámara, nichos de compuertas y piletas de ahorro de agua.

Los vaciados de concreto comenzarían un año después de la adjudicación del contrato. Pare ese entonces, la excavación de las cámaras 2 y 3 habrían sido terminadas, mientras que las excavaciones de la cámara 1 y de los muros de aproximación tendrían avances de entre 50 y 75%.

La Tabla 15, a continuación, muestra los volúmenes totales de concreto para la esclusa con tres piletas de ahorro de agua.

| Detalle                       | Cantidades (m <sup>3</sup> ) |                            |                   |
|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------|
|                               | Concreto Reforzado           | Concreto Rolado Compactado | Concreto Pobre    |
| Muros de aproximación y pisos | 126,740.00                   | 8,850.00                   | 3,790.00          |
| Muros y pisos de cámaras      | 679,090.00                   | 80,460.00                  | 16,680.00         |
| Nichos de compuertas          | 508,950.00                   | -                          | 6,800.00          |
| Piletas de ahorro de agua     | 367,860.00                   | 244,260.00                 | 145,180.00        |
| <b>Total</b>                  | <b>1,682,640.00</b>          | <b>333,570.00</b>          | <b>172,450.00</b> |

**Tabla15.** Volúmenes de concreto para esclusa con tres piletas de ahorro de agua

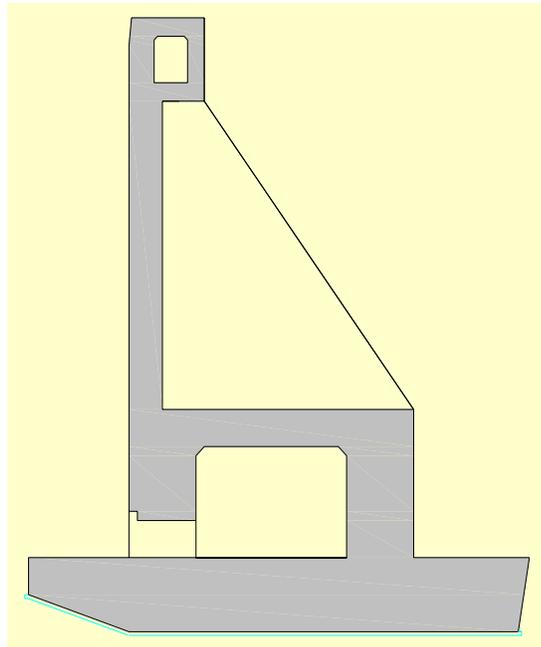


Figura 7. Sección típica de muro de cámara

## 7.2 Formaletas

Aunque algunas de las estructuras de la esclusa tienen formas que tendrían que ser construidas utilizando formaletas especiales de acero y madera, para simplificar el cálculo de costos se asumió que todas las estructuras de la esclusa podrían ser construidas utilizando tres tipos de formaleta de acero: modulares en cantolibre, de techo y plegables. A continuación se listan los tipos de formaletas asumidos y sus aplicaciones.

- **Modular en cantolibre.** Son módulos de varios paneles (el número de paneles en un módulo depende de la capacidad de la grúa utilizada para manejarlas) que pueden contar con pistones hidráulicos para facilitar su remoción. Se utilizarían para los muros de aproximación y cámara, los nichos de compuertas, los muros de las piletas de ahorro de agua, el nicho de compuertas y las paredes del monolito de válvulas.
- **De techo.** Utilizada en la parte inferior de la losa, serían empleadas en algunas áreas de los muros de los nichos de compuertas y en los conductos.
- **Plegable.** Para agilizar la construcción de la alcantarilla principal, la galería de máquinas y los puertos de llenado laterales se ha propuesto la utilización de formaletas plegables que corran sobre rieles. Estas formaletas contarían con pistones hidráulicos que permitirían manejar su mecanismo de plegado.

Para calcular los factores de formaleta se realizó un análisis detallado de los muros de las cámaras, dado que estos elementos son las secciones más representativas de las esclusas. Los muros de las cámaras representan el 27% del volumen total de concreto estructural y tienen un factor de formaleta de  $0.53\text{m}^2/\text{m}^3$ , el cual está muy cercano al factor de formaleta promedio del proyecto de  $0.506\text{m}^2/\text{m}^3$ . De acuerdo al conteo de vaciados para los muros de las cámaras, hay un total de 484 vaciados o, una vez más, 27% del total de los vaciados del proyecto. El vaciado promedio es de  $964\text{m}^3$ , muy cercano al promedio del proyecto de  $959\text{m}^3$ . Por todo esto, los resultados del análisis de las formaletas de los muros de las cámaras fueron aplicados al de las formaletas del proyecto.

Nuestro análisis concluyó que las formaletas de los muros de la cámara se utilizarán en promedio unas 40 veces, aunque se requerirán nuevas disposiciones para acomodar las pequeñas variaciones entre las secciones de la cámara 3 y las de las cámaras 1 y 2.

La Tabla 11 resume los tipos de formaletas requeridas de acuerdo al área de construcción.

| Áreas                                    | Tipo de Formaleta |
|--|-------------------|
| <b>Muros de aproximación y de cámara</b> |                   |
| Muros                                    | Cantolibre        |
| Contrafuertes                            | Cantolibre        |
| Galerías de máquinas y cables            | Plegable          |
| Alcantarilla                             | Plegable          |
| <b>Piletas de ahorro de agua</b>         |                   |
| Muros                                    | Cantolibre        |
| Conductos                                | Cantolibre, techo |
| <b>Nichos de compuertas</b>              |                   |
| Muros                                    | Cantolibre        |
| Galerías de máquinas y cables            | Plegable          |
| Nichos de válvulas y mamparos            | Cantolibre        |

**Tabla 16.** Tipos de formaletas por área de construcción

### 7.3 Acero de Refuerzo

Las cantidades de acero de refuerzo se determinaron de acuerdo a una relación de acero/concreto ( $0.075$  ton de acero/ $\text{m}^3$  de concreto) presentada en los estudios conceptuales de CPP.

### 7.4 Alcantarillas de los Muros de las Esclusas

El equipo que sería utilizado para la construcción de las alcantarillas de los muros de la cámara 3 consiste en 2 grúas con bandas transportadoras y 2 grúas Link-Belt de 110 toneladas. Estas grúas se encargarían del manejo del acero de

refuerzo, formaletas y de los vaciados de concreto. Se contaría con dos juegos de formaletas plegables que requerirían de una superficie que permita que estas sean transportadas en rieles a lo largo de la alcantarilla. Para esto, el piso de la alcantarilla sería construido primero, como parte de las fundaciones de los muros de las cámaras. Una vez, se concluya la construcción de las alcantarillas de la cámara 3, el equipo y las formaletas serían transferidos a la cámara 2 y, por último, a la cámara 1.

## **7.5 Piletas de Ahorro de Agua, Monolito de Válvulas y Conductos**

Para la programación de los trabajos de excavación y relleno, los conductos de las piletas de ahorro de agua se dividieron en dos secciones: las que cruzan las cámaras y las que pasan debajo de las piletas.

Los conductos que cruzan la cámara se construirían utilizando una grúa de 20 toneladas y de una bomba de concreto de 8 pulgadas. Una vez se termine la construcción de los conductos de la cámara 3, el equipo y las formaletas serían transferidos a la cámara 2. Los conductos de la cámara 1 iniciarían después de los de la cámara 2.

Se supuso que la construcción de los conductos que pasan debajo de las piletas de ahorro de agua iniciaría en la cámara 3 para luego continuar en las cámaras 2 y 1. La construcción de los muros de las piletas comenzaría una vez se concluya el relleno sobre los conductos. La construcción de los pisos sería la última actividad de concreto que sería realizada en cada cámara e iniciaría en las piletas de la cámara 3, continuaría en las de la 2 y finalizaría en las de la 1. Para estos trabajos se utilizarían 3 grúas de 20 toneladas y 3 bombas de concreto.

Los monolitos de válvulas serían construidos utilizando una grúa de oruga y están programados para iniciar luego de terminados los conductos. La secuencia de construcción sería similar a la de los conductos que cruzan la cámara.

## **7.6 Nichos de Compuertas**

La construcción de los nichos de compuerta 3 y 4 comenzaría un año después de la adjudicación del contrato. En cada nicho se utilizaría una grúa Link-Belt para el manejo de acero de refuerzo y formaletas y una grúa con bandas transportadoras para el vaciado de concreto. Una vez que hayan concluido las obras en los nichos 3 y 4, los equipos utilizados en la construcción de esas estructuras serían trasladados a los nichos 1 y 2, respectivamente, donde se utilizaría el mismo procedimiento.

## **7.7 Muros de la Esclusa**

La construcción de los muros de las cámaras y sus contrafuertes se realizaría utilizando bombas para los vaciados de concreto y grúas Link-Belt para manejar la colocación del acero de refuerzo y formaletas. La construcción de los muros inicia en la cámara 3, continua en la cámara 2 y concluye en la cámara 1.

## **7.8 Muros de Aproximación**

El diseño conceptual de CPP contempla la construcción de muros de aproximación en ambos extremos de la esclusa. Debido a las condiciones geológicas del extremo norte de la esclusa, el muro noroeste sería una combinación de muro de concreto y pilotes de 2m de diámetro rellenos de arena con capiteles de concreto. El muro de aproximación norte se construiría simultáneamente con el muro de la cámara 2. La fundación del muro se construiría utilizando 2 grúas con bandas transportadoras para el vaciado de concreto y 2 grúas Link-Belt para el manejo de acero de refuerzo y formaletas. Las paredes del muro serían vaciadas por medio de bombas; mientras que el manejo del acero de refuerzo y formaletas seguiría a cargo de las grúas Link-Belt. Una vez este muro sea concluido, el equipo se trasladaría al muro de aproximación sur para realizar la misma operación. Los pilotes del muro de aproximación norte se hincarían luego de que se haya inundado el extremo norte de la esclusa.

## **7.9 Galerías de Máquinas y Cables**

La construcción de los muros de esclusa y aproximación descrita anteriormente no incluye la construcción de las galerías. Para comenzar este trabajo, deben haber concluido la construcción de los muros y sus contrafuertes y el relleno de la parte posterior de los muros, ya que los pisos de las galerías se apoyan sobre el material de relleno. Los equipos que serían utilizados en la construcción de las galerías serían ubicados sobre el relleno, eliminando la necesidad de ocupar la cámara y permitiendo el inicio de los trabajos de inundación de cámara e instalación de compuertas. El vaciado de las galerías se llevaría a cabo utilizando bombas, mientras que el manejo del acero de refuerzo y formaletas requeriría una grúa de 20 toneladas. La construcción de las galerías inicia en la cámara 3, continua en el muro de aproximación norte, la cámara 2, la cámara 1 y concluye en el muro de aproximación norte.

## **7.10 Pisos de la Cámara**

El diseño conceptual incluye pisos de RCC para todo el piso de la esclusa

## 8. Equipo Electromecánico

### 8.1 Compuertas Deslizantes

#### 8.1.1 Descripción

Las compuertas deslizantes son estructuras de acero fabricadas con platinas reforzadas, marcos estructurales internos y cámaras de flotación, que cierran el ancho total de la esclusa y se retraen hacia un nicho ubicado perpendicularmente al muro. Estas compuertas son utilizadas cuando se requiere cerrar aperturas de ancho considerable. Las compuertas deslizantes con largos mayores a los 55m requeridos para las esclusas post-Panamax existen en varias esclusas de Europa (la esclusa de Berendrecht en Antwerp, Bélgica, tiene compuertas de 68m de longitud – ver figura 4). El nicho se puede sellar para aislarlo de la cámara y permitir así su secado para mantenimiento o reparación de compuertas. Los nichos deben estar equipados con una compuerta flotante y un sistema de bombas que permita su secado.



**Figura 8.** Compuerta deslizante en la esclusa de Berendrecht

Para la esclusa de tres escalones del Atlántico se necesitarían ocho compuertas deslizantes.

Las compuertas se apoyan sobre vagones deslizantes superiores e inferiores en una configuración tipo “carretilla”. Esto consiste en un vagón inferior que se desliza en rieles en el quicio y un vagón superior que corre sobre rieles que se apoyan en cantolibres que se proyectan de las paredes del nicho. El vagón superior se utiliza para transmitir la fuerza de empuje a la compuerta deslizante.

Las compuertas del Atlántico tienen un peso total de 20,674 toneladas. Este peso incluye lo siguiente:

- dos compuertas por nicho
- un mamparo de sellado por nicho
- dos vagones de soporte inferior por nicho
- dos vagones de soporte superior por nicho
- un repuesto de vagón de soporte inferior para el nicho 1
- un repuesto de vagón de soporte inferior para los nichos 2, 3 y 4
- doce vagones de soporte para mantenimiento para el nicho 1
- doce vagones de soporte para mantenimiento para los nichos 2, 3 y 4

La Tabla 17, a continuación, muestra los pesos para cada uno de los componentes antes descritos.

| Descripción    | Cantidad | Compuertas T1 (tons) | Compuertas T2 (tons) | Compuertas T3 (tons) | Compuertas T4 (tons) |
|----------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Compuertas     | 2        | 1550                 | 2600                 | 2600                 | 2500                 |
| Mamparos       | 1        | 200                  | 300                  | 300                  | 300                  |
| Vagón superior | 2        | 30                   | 45                   | 45                   | 45                   |
| Vagón inferior | 2        | 25                   | 35                   | 35                   | 35                   |

Tabla 17. Pesos de compuertas deslizantes

Las compuertas son operadas por un sistema de malacate, que está conectado al vagón superior. El sistema de malacate consiste de (1) dos motores AC de empuje de 300 KW cada uno (uno en operación y el otro de reserva), (2) un motor AC de emergencia de 30KW, (3) un panel central de engranaje, (4) dos paneles de engranajes secundarios y (5) dos carretes para cables de aproximadamente 2m de diámetro (ver figura 9). Los dos cables están conectados en uno de sus extremos al vagón superior de apoyo por medio de un juego de poleas, y en el otro extremo al carrete.



Figura 9. Compuertas deslizantes – sistema de malacate

Las compuertas para la nueva esclusa, las cuales operan en ciclos de aceleración - velocidad constante - desaceleración, se diseñaron para abrir y cerrar en tiempos de entre 4 y 5 minutos.

### **8.1.2 Procedimiento de Instalación**

Una de las premisas básicas del estimado es que las compuertas deslizantes se construirían en un astillero o en una fábrica de industria metálica pesada con capacidad para producir las compuertas en los tiempos requeridos y con los estándares de calidad esperados. Una vez terminadas, las compuertas se transportarían a Panamá en un buque de carga sumergible, en una barcaza o flotando verticalmente y dirigidas por remolcadores.

Al llegar a la costa Atlántica de Panamá, las compuertas se amarrarían hasta que los avances en la construcción de la esclusa permitan la inundación de las cámaras (incluyendo la instalación de todas las válvulas de alcantarillas y conductos). Se asume que cuando esto ocurra los edificios de máquinas donde se instalaría el equipo operacional estarían terminados y que los malacates, engranajes y motores estarían instalados y esperando sus alineamientos y ajustes finales, los cuales se llevarían a cabo cuando cada compuerta esté en su lugar.

Cuando se remueva el ataguía del lado Atlántico, la esclusa del Atlántico se inundaría hasta nivel del mar. Entonces, las 8 compuertas se moverían al nivel inferior de la esclusa, donde serían amarradas. Las primeras compuertas en ser instaladas serían el par T4. Con la marea alta apropiada, cada compuerta se colocaría en su nicho con la ayuda de remolcadores, malacates, cabestrantes y la grúa flotante Titán (o pontones adicionales) para asegurar la estabilidad requerida durante la operación de giro.

Una vez la compuerta se encuentre dentro de su nicho, se incrementaría la flotación de la compuerta para que las vigas de soporte puedan ser posicionadas; luego, se bajaría la compuerta para que quede apoyada en estas vigas. Una grúa de 40 toneladas ubicada sobre el nicho colocaría el vagón de soporte inferior en sus rieles y, luego, con la ayuda de buzos, éste sería acomodado bajo la compuerta. Esta misma grúa instalaría el vagón superior, el cual debe ser conectado a la estructura de la compuerta. Al concluir esta operación, la compuerta se volvería a flotar para remover las vigas de soporte. Entonces, se ajustaría el lastre de la compuerta para hundirla y distribuir el peso entre los vagones inferiores y superiores. Esto permitiría que los cables de acero del sistema de malacate sean conectados a los vagones superiores. Con los cables instalados, se pueden iniciar las pruebas de la compuerta. Se ha programado un mes para la instalación de estas dos compuertas.

La instalación de las compuertas T1, T2 y T3 presenta un reto mayor ya que, incluso con marea alta, el nivel de agua no es suficiente para permitirles flotar y acomodarse en sus nichos. Para poder comenzar la inundación de las cámaras,

lo cual permitiría flotar las compuertas T1, T2 y T3, al menos una de las compuertas del par T4 debe estar operando y con capacidad para cerrarse y retener el agua que sería trasladada desde el Lago Gatún. Al ser alcanzado el nivel de agua apropiado, se aplicaría para la instalación de las compuertas T1, T2 y T3 el mismo procedimiento descrito para las T4. Se estimó que la instalación de cada par de compuertas tomaría 1 mes y que el período de pruebas del sistema, el cual iniciaría al ser colocadas las compuertas T1, duraría 4 meses.

## 8.2 Válvulas de Alcantarillas y Conductos

### 8.2.1 Descripción

Las alcantarillas, los conductos y las válvulas son los componentes de un sistema de llenado y vaciado de esclusa. Las válvulas están localizadas en las alcantarillas longitudinales cerca de los extremos aguas arriba y aguas abajo de la cámara y son utilizadas para controlar el flujo de agua. En sistemas que incluyen piletas de ahorro de agua, las válvulas localizadas en el monolito de válvulas adyacente al muro de la esclusa controlan el flujo de agua desde y hacia las piletas. Las alcantarillas de flujo transversal, llamadas conductos para distinguirlas de las alcantarillas de flujo longitudinal, conectan la cámara con las piletas. Los diseñadores del sistema de llenado y vaciado de la nueva esclusa del Atlántico seleccionaron un sistema operativo de válvulas de vástago ascendente con ruedas operados por cilindros hidráulicos similares a los usados en las válvulas de vástago ascendente de las esclusas existentes.

Para el diseño de tres escalones de la esclusa del Pacífico, se requerirían 16 válvulas de alcantarilla y 36 de conductos. La Tabla 18, a continuación, muestra las dimensiones y pesos estimados de estos elementos (el peso mostrado incluye la ferretería de los nichos). La ferretería adicional de nichos de válvulas tiene un peso total de 648 toneladas.

| Válvulas      | Cantidad | Cabeza Hidráulica (m) | Ancho (m) | Altura (m) | Peso (tons) |
|---------------|----------|-----------------------|-----------|------------|-------------|
| Alcantarillas | 16       | 37.03                 | 4.5       | 6.0        | 63          |
| Conductos     | 36       | 42.52                 | 4.5       | 5.0        | 63          |

Tabla 18. Dimensiones y pesos estimados para válvulas de alcantarillas y conductos

La Tabla 19 muestra los pesos y dimensiones de los mamparos (el peso de mostrado incluye la ferretería de los nichos). La ferretería adicional de nichos de mamparos tiene un peso total de 1,848 toneladas.

| Mamparos      | Cantidad | Ancho (m) | Altura (m) | Peso (tons) |
|---------------|----------|-----------|------------|-------------|
| Alcantarillas | 8        | 4.5       | 6.0        | 77          |
| Conductos     | 8        | 4.0       | 5.0        | 262         |

Tabla 19. Dimensiones y pesos estimados para mamparos de alcantarillas y conductos

## 8.2.2 Procedimiento de Instalación

Una de las premisas básicas del estimado es que las válvulas de alcantarillas y conductos y su equipo operativo se construirían en un astillero o en una fábrica de industria metálica pesada con capacidad para producir las válvulas en los tiempos requeridos y con los estándares de calidad esperados. Una vez terminadas, las válvulas serían transportadas en un buque de carga y desembarcadas en el muelle de manejo de materiales construido para el proyecto en el Atlántico. Luego serían montadas en una mesa que las transportaría hasta el sitio de la construcción.

Cuando los trabajos civiles de los nichos de compuerta (válvulas de alcantarilla) y de los monolitos de válvulas (válvulas de conducto) hayan concluido (incluyendo la instalación de todos los metales empotrados, sellos inferiores y superiores y guías verticales, entre otros elementos), la válvula sería instalada en el nicho por una grúa de 60 toneladas ubicada sobre el nicho de compuertas o monolito de válvulas.

Una vez estén en la posición de cierre, los sellos de la válvula serían ajustados y el cilindro hidráulico sería posicionado con la grúa y asegurado a la losa de concreto que está sobre el cuerpo de la válvula. Luego, la barra cilíndrica sería extendida y conectada mecánicamente a la válvula. La instalación de las unidades de potencia hidráulica y panel de control eléctrico se completarían en sus respectivos cuartos de válvulas. A estas operaciones seguirían las pruebas del equipo.

La instalación de las válvulas iniciaría con las de las alcantarilla de los nichos 3 y 4, continuaría con las de los conductos de la cámara 3, los conductos de la cámara 2, los conductos de la cámara 1 y concluiría con las de alcantarilla de los nichos 1 y 2. Se estimó que la instalación de cada juego de válvulas de alcantarilla tomaría 2 meses, mientras que cada juego de válvulas de los conductos tomaría 3 meses.

## 8.3 Equipo Eléctrico: Luces, Distribución y Control

### 8.3.1 Descripción

El supuesto que indica que el sistema de posicionamiento de buques utilizaría remolcadores elimina la necesidad de los componentes eléctricos relacionados a las locomotoras.

La instalación del siguiente equipo eléctrico también sería necesaria en la nueva esclusa: luces (exteriores e interiores), cubículos de distribución (alto y bajo voltaje), interruptores seccionalizadores, generadores de emergencia, cables de alimentación primaria, paneles de control local, controles por controladores lógicos programables (PLC) locales y remotos, computadoras, protectores de

voltaje (UPS), circuito cerrado de televisión (CCTV) y circuitos de la fibra óptica de control.

### **8.3.2 Procedimiento de Instalación**

Una de las premisas básicas del estimado es que un subcontratista eléctrico instalaría el equipo eléctrico y que este equipo sería importado debido a su alto grado de especialización.

### **8.3.3 Equipo de Luces**

Los postes de luces de 35m de altura se instalarían una vez el concreto de la losa superior de la galería haya curado. Una grúa de 20 toneladas posicionaría los postes en una base prefabricada, la cual debe ser parte de la losa superior de la galería y contar con los pernos empotrados necesarios. Las lámparas HPS se instalarían bajando el aro de lámparas por medio de un dispositivo portátil.

Las luces reflectoras de la cámara, las cuales serían colocadas en nichos especiales diseñados específicamente para mantenerlas fuera de cualquier contacto con los buques, serían instaladas una vez se concluyan los trabajos de construcción de la galería. Cuando se hayan instalado las compuertas, se procedería a la instalación de las luces reflectoras de compuerta. Las luces en los edificios serían instaladas de acuerdo al cronograma de construcción de cada una de estas estructuras. Los alimentadores eléctricos para cada uno de los equipos de luces se conectarían a un panel de distribución localizado en el cuarto técnico de compuerta más cercano a cada compuerta.

### **8.3.4 Equipo de Distribución Eléctrica**

Todos los cubículos de distribución, transformadores, interruptores seccionalizadores y generadores de emergencia se colocarían en sus respectivos cuartos de alto voltaje con la ayuda de una grúa de 20 toneladas. Estos cuartos estarían adyacentes a los cuartos de máquinas. El tiempo para la instalación de estos equipos dependerá de la habilidad de las grúas para pasar a través de las puertas de esta estructura, o de que el equipo deba ser instalado antes de la construcción del techo.

Las bandejas de cables, los circuitos de alimentación, el resto del cableado eléctrico y las tuberías de aire comprimido corren en la galería que se encuentra en la parte superior del muro. La instalación de este equipo puede ser realizada una vez la galería haya sido construida.

### **8.3.5 Equipo de Control Eléctrico**

Las bandejas de cables y los circuitos de fibra óptica también pueden ser instalados una vez se complete la galería. Los controles PLC se colocarían dentro de los paneles de control local de las compuertas y válvulas. Los PLC

tienen que ser cableados (cables de fibra óptica) y alimentados (cables eléctricos) a la vez que se instalan los malacates o unidades de potencia hidráulica. Cualquier equipo de control adicional podría ser instalado dentro de los cuartos de máquinas una vez que estas estructuras hayan sido completadas.

La computadora principal, los PLC, las pantallas, los UPS, las bandejas modulares de fibra óptica, el CCTV y el resto del equipo de control se instalaría en el edificio de control central. Una vez se haya instalado todo el equipo, el edificio de control podría ser cableado para iniciar las pruebas del sistema.

## **IV. CANAL DE ACCESO PACÍFICO**

# 1. Excavación del Canal de Acceso Pacífico

El acceso desde el Lago Gatún a las esclusas Post-Panamax del Pacífico se hará a través de un canal abierto que conectará el Corte Culebra con las nuevas esclusas. Este canal se construirá al oeste del canal existente y se extenderá desde Cerro Paraíso al noroeste de la esclusa de Pedro Miguel hasta las nuevas esclusas en el área de Cocolí. La excavación seca del canal tiene una longitud aproximada de 3,800 m entre el tapón norte y el tapón sur. El canal tendrá 218 m de ancho en el fondo y taludes laterales variables de acuerdo a la formación geológica que atraviese. El fondo del canal estará al nivel 9.14 m (30.0 pies) PLD.

El volumen de excavación seca total del canal entre los taponés es de 40 millones de metros cúbicos. Un 26% del total corresponde a excavación de cobertura, un 20% corresponde a roca meteorizada y un 54% es roca sana. Parte del material producto de la excavación del canal será utilizado para la construcción de las presas divisorias entre el Canal de Acceso y el Lago Miraflores y como material de agregado de concreto para las esclusas del Atlántico. El material no utilizado será transportado y depositado en el área de UXO al oeste de Cerro Paraíso.

Con el propósito de que la magnitud de las cantidades a excavar sea atractiva para empresas nacionales hemos dividido la excavación total en 6 posibles contratos que podrán ser ejecutados en tres fases como se muestra en la Tabla 20, a continuación.

| Fase 1                   |                          |                          | Fase 2                   |                          | Fase 3                   |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Contrato 1               | Contrato 2               | Contrato 3               | Contrato 4               | Contrato 5               | Contrato 6               |
| 8,131,000 m <sup>3</sup> | 8,015,000 m <sup>3</sup> | 6,545,000 m <sup>3</sup> | 4,734,000 m <sup>3</sup> | 5,711,000 m <sup>3</sup> | 7,015,000 m <sup>3</sup> |

**Tabla 20.** Contratos de excavación del canal de acceso Pacífico

La fase 1 comprende los contratos 1, 2 y 3. Los contratos 1 y 2 están ligados con la producción de agregados para concreto de las esclusas del Atlántico y la construcción de las presas 1E y 2E que separan el Canal de Acceso del Lago Miraflores.

El área para el contrato 1 se ubica entre las estaciones 5k+680 y 6k+530 próxima al tapón del sur. Este contratista excavará desde el nivel del terreno natural hasta el nivel +20.0 m PLD y deberá suministrar 1,540,000 m<sup>3</sup> de roca sana para material procesado de relleno y colocarlo en un sitio de depósito asignado para ser transportado hacia el Atlántico. Además deberá utilizar 565,000 m<sup>3</sup> de roca sana para construir la presa 2E. El material de despojo que no se utilice deberá ser transportado y depositado en el área de UXO ubicada a unos 4 km del área de excavación.

El contrato 2 comprende la excavación entre las estaciones 4k+500 y 5k+680 desde el nivel del terreno natural hasta el nivel +20.0 m PLD. Este contratista deberá utilizar 827,250 m<sup>3</sup> de material impermeable y 1,030,140 m<sup>3</sup> de roca sana para construir la presa 1E. El material de despojo que no se utilice en la construcción de la presa se transportará al área de UXO al oeste del Cerro Paraíso ubicado a una distancia de 3 km.

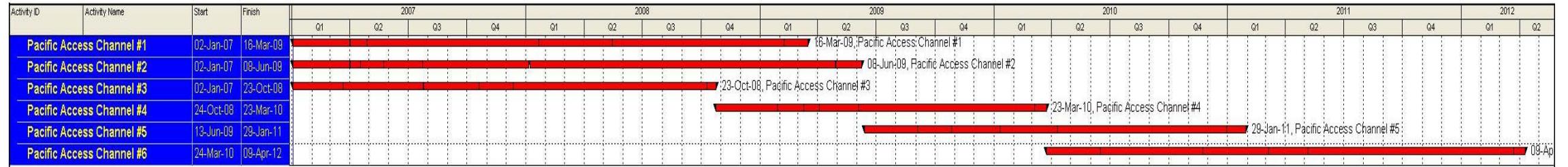
El contratista 3 excavará entre las estaciones 2k+740 y 3k+500 desde el nivel del terreno natural hasta el nivel +60.0 m PLD. Todo el material producto de esta excavación será transportado al área de despojo de los UXO a una distancia de 2 km.

Los contratos 4 y 5 serán adjudicados para la segunda fase de excavación. El contratista 4 excavará entre las estaciones 2k+740 y 3k+500, desde el nivel +60.0 m PLD hasta el nivel +30.0 m PLD, con el objeto de mantener un francobordo de seguridad de aproximadamente 3 m sobre el nivel máximo del lago Gatún (+27 m PLD), hasta completar la última fase de excavación (contrato 6). El material excavado será transportado al área de UXO a una distancia de 2 km. El contrato 5 se debe iniciar luego que se termine la construcción de las presas 1E y 2E con el objeto de disminuir el riesgo de filtraciones del lago Miraflores hacia el área de excavación del canal. Este contrato incluye la excavación desde el nivel +20 m PLD hasta el nivel +9.14 m PLD entre las estaciones 4k+500 y 6k+530. El material excavado será transportado al área de UXO ubicado a una distancia de 3 km.

El contrato 6 comprende la última fase de excavación, debido a que el área donde se ubica (EST: 2k+740 a 4k+500), se identifica como el área más vulnerable y de mayor cuidado ya que aquí se localiza la presa de Pedro Miguel, que cierra el lago Gatún en el canal existente. El contratista 6 excavará la etapa final desde el nivel +30.0 m PLD hasta el nivel +9.14 m PLD, entre las estaciones 2k+740 y 4k+500. El material excavado será transportado al área de UXO ubicado a 1.2 km de distancia.

Se estima que la excavación total del canal de acceso tomará alrededor de 56 meses, siendo los contratos 1 y 2 los de mayor duración, aproximadamente 2 años. Casi todos los contratos abarcarán dos estaciones secas. La Figura 10 muestra el cronograma del canal de acceso Pacífico.

Figura 10. Cronograma del Canal de Acceso Pacífico



## 1.1 Equipo de Excavación

El equipo de excavación seleccionado consiste en cargadores frontales CAT 988G de 8 m<sup>3</sup>, tractores D8R y camiones de 25 toneladas para la limpieza y desbroce; excavadoras CAT 385 con cucharón de 6 m<sup>3</sup> y camiones CAT 773E para el material de cobertura; tractores D8 con escarificador sencillo, excavadoras CAT 385 con cucharón de 6 m<sup>3</sup> y camiones CAT 773E para la roca suave de la formación La Boca.

La excavación del basalto y formación Pedro Miguel requerirá perforación y voladura. El equipo para perforación y voladura consiste de perforadoras de orugas CM470/YH70, compresores, camiones de explosivos de 10 toneladas, brocas y accesorios de perforación y voladura. Se asumió un explosivo (WRS), compuesto de 75% emulsión y 25% gel. La excavación de la roca volada se hará con excavadoras CAT 385 con cucharón de 6 m<sup>3</sup> asistidas por tractores D7R y camiones CAT 773E para acarreo del material. Para el control de las aguas subterráneas y de lluvia se utilizarán sistemas de achique con bombas sumergibles de 6 pulgadas de diámetro y 95 hp de potencia.

Para la colocación y compactación del material en las áreas de relleno de las presas se utilizarán motoniveladoras CAT 16H, tractores D7R, compactadores de rodillos vibratorios de 10 toneladas, compactadores pata de cabra 825G y camiones tanqueros para agua de 10,000 galones. En el área de despojo se utilizarán tractores D8R y camiones banqueros para agua de 5,000 galones.

## 1.2 Construcción de Presas Divisoria entre el Canal de Acceso y el Lago Miraflores

El canal de acceso desde el Lago Gatún a las esclusas Post-Panamax del Pacífico será excavado al oeste del Lago Miraflores como una prolongación del Corte Culebra. Este canal se iniciará en la estación 1k+700 y terminará aproximadamente en la estación 8 k+000. El nivel máximo del canal será igual al nivel máximo del Lago Gatún o sea +27.13 m (89.0 pies) PLD<sup>4</sup>. El fondo del canal estará al nivel +9.14 m (30.0 pies) PLD. El Lago Miraflores se mantiene a un nivel estacionario de +16.45 m (54.0 pies) PLD.

En la etapa final de la excavación del canal, el nivel del Lago Miraflores estará alrededor de 7.3 m más alto que el fondo del canal y luego del llenado y posterior operación, el nivel máximo del canal de acceso estará a 10.7 m por encima del nivel del Lago Miraflores. Debido a estas condiciones y por las características topográficas del área es necesario construir dos presas divisorias para cerrar puntos bajos entre los dos cuerpos de agua. Durante la construcción, las presas tendrán la función de minimizar las filtraciones desde el Lago Miraflores hacia el área de excavación y durante el llenado y operación del canal funcionarán como cierre y retención del Lago Gatún, convirtiéndose en

---

<sup>4</sup> PLD: Precise Level Datum. Nivel de referencia preciso del Canal de Panamá.

estructuras de gran importancia y cuidado para el Canal. Las presas divisorias se denominan como presa 1E y presa 2E.

### 1.2.1 Presa 1E

Esta presa se extenderá, paralela al eje del canal de acceso, desde el estribo sur de la presa existente que cierra el Lago Gatún al oeste de la esclusa de Pedro Miguel hasta aproximadamente la estación 5+500, con una longitud de 1,860 m. De acuerdo a la información geológica disponible esta presa será cimentada en la formación La Boca, existiendo una cobertura de relleno y suelo residual variable entre 15 y 20 m de espesor sobre la roca que se encuentra aproximadamente al nivel 0.00 PLD.

Se asume que el material de cobertura está consolidado y es suficientemente impermeable, de tal manera que no es necesario bajar hasta la roca para cimentar la presa. Por tal razón se seleccionó una presa de enrocado con núcleo impermeable con taludes laterales externos de 2.5H:1.0V con un ancho en la corona de 30.0 m. El nivel de la corona estará a +30.0 m PLD, dejando un francobordo de 3 m por encima del nivel máximo del canal. El núcleo central de material impermeable se asumió de 10 m de ancho en la corona con taludes laterales de 1H: 1V, aunque es posible disminuir estos valores dependiendo de la disponibilidad del material. La presa será de enrocado con núcleo impermeable de arcilla (ECRD) por sus siglas en inglés. A ambos lados del núcleo impermeable se colocará el enrocado con un sistema de filtros o transición entre el núcleo y el enrocado, tal como se muestra en la sección transversal de la Figura 11.

El material de relleno de esta presa (roca y material impermeable) provendrá de la excavación del canal de acceso. Para la fundación de la presa se excavará hasta 3 m debajo del área de enrocado y una trinchera de 5 m debajo del núcleo. El talud hacia el canal será protegido contra el oleaje con un zampeado de concreto, desde el nivel +30.0 m hasta el nivel +20.0 m PLD. El material de excavación será transportado como despojo al área de UXO. La Tabla 21 muestra las cantidades de material requeridas para la construcción de la Presa 1E.

| Cantidades Presa 1E       |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Largo de la cresta        | 1,860 m                  |
| Excavación                | 483,795 m <sup>3</sup>   |
| Relleno impermeable       | 827,250 m <sup>3</sup>   |
| Relleno de roca y filtros | 1,030,140 m <sup>3</sup> |
| Protección de concreto    | 20,000 m <sup>3</sup>    |

Tabla 21. Cantidades Presa 1E

### 1.2.2 Presa 2E

La presa 2E se ubica justo al norte de la nueva esclusa y se extiende, paralela al eje del canal de acceso, desde el muro de aproximación este de la misma hasta cruzar el río Cocolí.

La presa será de tipo enrocado con pantalla de concreto (CFRD) por sus siglas en inglés, con una longitud aproximada de 1010 m. La corona de la presa al nivel +30.0 m PLD tendrá un ancho de 30 m. Los taludes externos laterales en ambos lados serán de 1.5H:1.0V, con pantalla de concreto hacia el lado del canal, losa de cimentación y cortina de inyecciones debajo de la losa de cimentación. La fundación de la losa de cimentación estará en basalto. El material del enrocado se colocará sobre el material de cobertura luego de desechar los dos metros superiores. Debajo de la pantalla de concreto se excavará aproximadamente 15 m en forma horizontal desde el talón de la losa de cimentación con el objeto de compactar esta zona de la presa. La cortina de inyecciones se llevará hasta una profundidad de 10 a 12 m. El enrocado será zonificado en dos zonas: la zona 1 (semipermeable) con material triturado fino (máximo 100 mm) adyacente a la pantalla de concreto y la zona 2, en el resto de la presa, con material más grueso (máximo 760 mm). La losa de cimentación se colocará al nivel del fondo del canal (elevación +9.14 m PLD).

El material para el relleno de la presa provendrá de la excavación del canal de acceso. El material de excavación de la fundación será utilizado para rellenar parte de la excavación existente del proyecto de esclusas de 1939, adyacente a la presa. La Tabla 22 muestra las cantidades de material requeridas para la construcción de la Presa 2E y la Figura 11 presenta una sección transversal de la Presa 2E.

| Dam 2E Quantities               |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| Largo de la cresta              | 1,010 m                |
| Excavación                      | 189,350 m <sup>3</sup> |
| Relleno de roca                 | 565,000 m <sup>3</sup> |
| Concreto                        | 18,000 m <sup>3</sup>  |
| Cortina de Inyección de cemento | 10,000 m <sup>2</sup>  |

**Tabla 22.** Cantidades Presa 2E

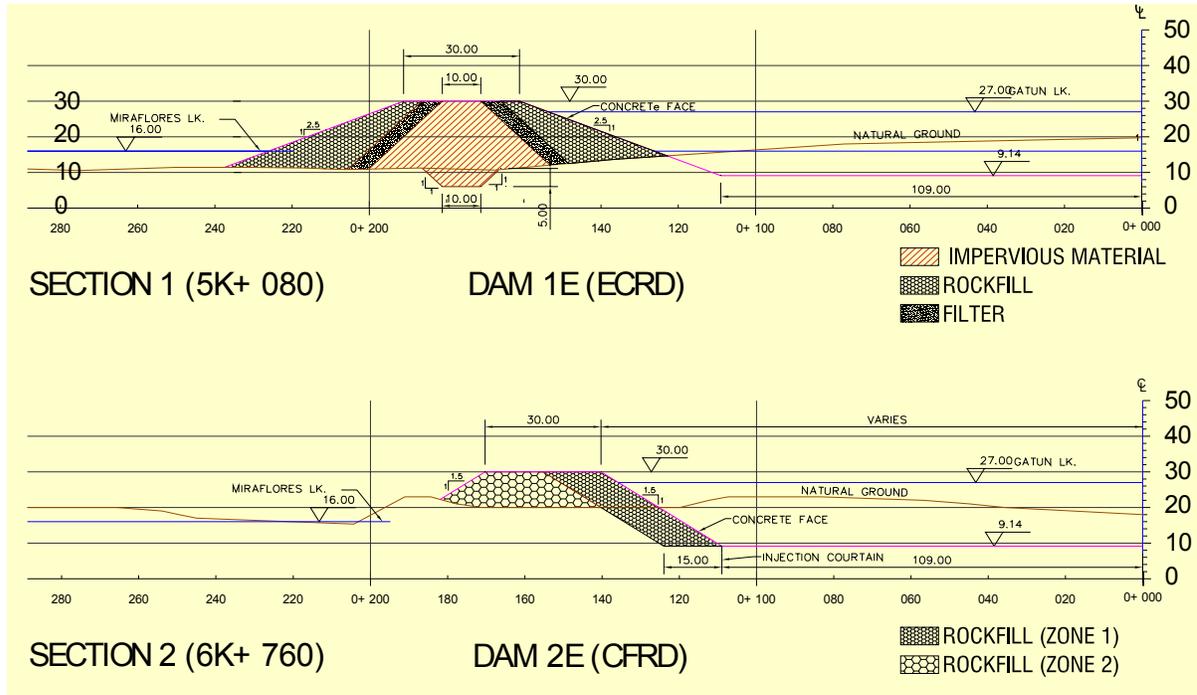


Figura 11. Secciones transversal de las Presas 1E y 2E

